Omnivers : l'humanité est-elle piégée dans une fractale infinie ?

Éric Loonis

Résumé : *Cet article propose une reformulation des modèles contemporains de multivers au sein d'un cadre fractal unifié. À partir de la classification en quatre niveaux de Max Tegmark, nous réorganisons ces modèles en quatre types de multivers emboîtés (mathématique, inflationnaire, spatial et quantique) distingués par leur statut ontologique et leur mode de variation. Leur emboîtement récursif définit ce que nous appelons la Fractale omniverselle : une structure infinie dans laquelle les cadres mathématiques englobent des multivers inflationnaires, qui génèrent des univers spatiaux contenant eux-mêmes des ramifications quantiques. Sur cette base, nous introduisons la Conjecture des Univers Contigus (CUC), selon laquelle des univers-blocs voisins au sein de la fractale pourraient exercer les uns sur les autres des influences gravitationnelles et géométriques. De tels effets sont proposés comme une interprétation alternative possible des phénomènes actuellement attribués à la matière noire et à l'énergie sombre. Enfin, nous examinons les conséquences philosophiques de ce cadre. Le décentrement progressif initié par la cosmologie moderne est prolongé au-delà de l'univers observable et du multivers jusqu'à l'Omnivers lui-même, où l'humanité apparaît comme une configuration locale et transitoire de matière organisée, dépourvue de toute position cosmique privilégiée et de tout sens intrinsèque. Cette perspective culmine dans le paradoxe d'une « claustrophobie infinie » : une totalité sans limites dont, précisément parce qu'elle englobe tout ce qui existe, il ne peut y avoir d'extérieur.*

INTRODUCTION

Les fractales bouleversent l'une des idées les plus fondamentales de la géométrie classique : celle de la dimension. Depuis Euclide jusqu'à Newton, les dimensions semblaient aller de soi. Une ligne possède une dimension 1, une surface une dimension 2, un volume une dimension 3. Ces dimensions sont entières, stables, parfaitement définies. Elles correspondent à notre expérience intuitive du monde : un chemin, une feuille de papier, une pièce dans laquelle nous nous déplaçons. Toute la géométrie classique repose sur cette hiérarchie simple des formes et des espaces.

Or, avec les fractales, cette évidence se fissure. Certaines structures mathématiques semblent occuper l'espace d'une manière intermédiaire, ambiguë, comme si elles vivaient entre deux dimensions. Elles peuvent être « plus qu'une ligne » sans devenir une surface, ou « plus qu'une surface » sans constituer un volume plein. Leur dimension devient alors fractionnaire. Cette dimension fractale ne décrit plus seulement une direction ou une étendue, mais le degré avec lequel une forme envahit l'espace. Des objets comme l'ensemble de Cantor, la courbe de Koch, le triangle de Sierpiński ou l'éponge de Menger révèlent ainsi des géométries d'une complexité infinie, où la même structure se répète à toutes les échelles. Avec les fractales, apparaît une nouvelle manière de penser les formes, la continuité et peut-être, plus largement, la structure même du réel.

Concernant le cosmos, la question a été posée : la distribution des galaxies forme-t-elle une fractale à grande échelle ? Les observations actuelles indiquent que non. Les observations montrent aujourd'hui que les galaxies présentent une organisation hiérarchique et filamentaire aux petites et moyennes échelles, mais qu'une transition vers l'homogénéité statistique apparaît aux très grandes échelles (Sarkar et al., 2009 ;

Scrimgeour et al. 2012 ; Wu et al. 1999). À très grande échelle l'Univers devient statistiquement homogène : la dimension effective tend vers 3 (l'espace euclidien, dit « plat », infini, de notre quotidien). Autrement dit, il n'y a pas de fractale cosmique globale dans l'Univers observable. Il existe des structures hiérarchiques dans l'Univers, mais pas une fractale infinie de dimension non entière remplissant le cosmos.

Dans le cadre de l'inflation chaotique éternelle[1] (Vilenkin 1983 ; Linde 1986 ; Guth 2007), l'idée de fractalité est évoquée. Cependant, elle n'apparaît pas comme un résultat mathématiquement démontré au sens strict, mais comme une propriété géométrique suggérée par la dynamique même du mécanisme d'inflation. Chez Vilenkin (1982, 1983, 1985), l'expansion exponentielle du faux vide ne s'interrompt pas partout à la fois. Des régions « thermalisent » et donnent naissance à des univers-bulles, tandis que d'autres continuent d'être en expansion. Ce processus se répète indéfiniment : à mesure que certaines zones cessent de s'étendre, le volume total, encore en inflation, croît plus vite qu'il ne disparaît. Il en résulte une structure extrêmement irrégulière, où des poches d'univers se forment à l'intérieur d'un fond en expansion permanente. La frontière entre régions en expansion et régions thermalisées devient de plus en plus découpée à mesure que le temps avance. Vilenkin (1982) évoque alors une géométrie de type fractal pour décrire cet enchevêtrement hiérarchique, sans en proposer une dimension calculée ni un formalisme détaillé.

Dans son ouvrage, Linde (1990) radicalise cette image dans un scénario d'inflation chaotique, ou autoreproductrice. Les fluctuations quantiques du champ d'inflaton font que certaines régions montent localement le potentiel au lieu de le descendre, prolongeant indéfiniment l'inflation dans ces domaines. L'univers global devient alors un ensemble d'îlots thermalisés, enchâssés dans un océan d'inflation, lui-même en perpétuelle expansion. Linde (1994) parle explicitement d'une structure fractale du multivers (bien qu'à l'époque, lui-même et d'autres cosmologistes emploient plutôt le terme « univers », l'usage du mot « multivers » n'étant pas encore véritablement stabilisé). Pour Linde, les versions récentes du scénario inflationnaire décrivent l'univers comme une fractale auto-génératrice faisant bourgeonner d'autres univers inflationnaires. Il s'agit donc d'un multivers fractal au sens d'une hiérarchie sans échelle caractéristique unique, issue d'un processus récursif d'autoreproduction. Là encore, il s'agit d'une analogie géométrique forte : la distribution spatiale des domaines en expansion et post-inflation éternelle présente une autosimilarité statistique, mais la dimension fractale précise n'est pas l'objet central de l'analyse.

Dans ces travaux fondateurs, la fractalité est donc une idée structurante : elle traduit le fait que le mécanisme inflationnaire ne produit pas un simple ensemble de bulles juxtaposées, mais une arborescence spatiale enchevêtrée, où chaque région peut engendrer d'autres régions selon la même dynamique. Ce n'est pas une fractale « dans » un univers déjà donné, c'est une géométrie émergente du multivers inflationnaire lui-même, envisagé comme un processus sans fin. Autrement dit, il n'y a pas de fractale cosmique globale dans l'univers observable. Les observations du fond diffus cosmologique (satellites spatiaux COBE, WMAP et Planck) et des relevés de galaxies confirment cette homogénéité à très grande échelle (Smoot et al. 1992 ; Bennett et al. 2003 ; Planck Collaboration 2020 ; Scrimgeour et al. 2012).

[1] L'inflation chaotique éternelle concerne le multivers inflationnaire. Elle ne doit pas être confondue avec l'inflation thermale en lien avec le *Big Bang* dans un univers thermalisé comme le nôtre.

Les fractales ont profondément renouvelé notre compréhension des formes et de l'espace. Si l'univers observable apparaît homogène à très grande échelle, certaines versions de l'inflation éternelle suggèrent néanmoins une organisation fractale du multivers lui-même. C'est à partir de cette intuition que nous allons proposer d'explorer l'hypothèse d'une structure fractale « omniverselle », dans le sens d'une multiplicité de multivers, dépassant largement le cadre inflationnaire classique. Pour ce faire, nous allons présenter le modèle des quatre multivers de Max Tegmark dit « par niveaux », qui forment déjà une « hiérarchie naturelle », dont la diversité se développe progressivement. Puis, nous reprendrons le modèle tegmarkien selon des « types » de multivers et une figure d'emboîtement transformant la hiérarchie en une structure fractale globale que nous qualifierons d'omniverselle, dans la mesure où elle ambitionne d'embrasser une totalité exhaustive du réel.

LES MULTIVERS PAR NIVEAUX

Tegmark a présenté sa hiérarchie naturelle des multivers dans plusieurs publications (2003, 2004, 2014), dans lesquelles il propose une classification des multivers en quatre « niveaux », qui diffèrent respectivement par leur extension spatiale (niveau I), leurs constantes ou lois effectives issues de l'inflation éternelle (niveau II), les branches quantiques (niveau III) et les structures mathématiques fondamentales (niveau IV).

Niveau I : le multivers spatial. Les sciences physiques actuelles sont en incapacité de préciser si notre Univers est fini ou infini. Aussi, le choix entre l'une ou l'autre option dépend-il de l'auteur et, souvent, de son orientation philosophique. Max Tegmark[2], en tant que scientifique et cosmologiste, fait donc le choix d'un univers infini et uniformément rempli de matière, ce que nous indiquent les observations astronomiques actuelles et le modèle cosmologique standard (ΛCDM). Tegmark nous précise bien qu'un univers fermé, fractal ou à connexité multiple n'a pas été confirmé par les observations.

Le multivers de niveau I est composé des régions situées au-delà de notre horizon cosmique, qui marque la limite de l'Univers observable, au-delà de laquelle la lumière n'a pas encore eu le temps de nous parvenir depuis le *Big Bang*. Il s'agit du volume de l'horizon, appelé aussi « Univers observable », dont le rayon est estimé actuellement à 4×10^{26} mètres, soit près de 45 milliards d'années-lumière (la lumière a voyagé pendant 13,8 milliards d'années, mais l'expansion de l'espace porte aujourd'hui cette distance à environ 45 milliards d'années-lumière). L'Univers, à grande échelle, dans sa globalité, étant postulé infini, il existe donc en théorie une infinité de régions, au-delà de celle dans laquelle nous nous trouvons. Nous avons là la version la plus simple de multivers dans un espace infini.

Tegmark explique que le multivers spatial, étant issu d'un même *Big Bang*, possède les mêmes lois physiques. Cependant, pour chaque région, pour chaque univers observable, les conditions initiales, c'est-à-dire les densités et les mouvements des différents types de matière à leurs débuts, sont différents, car dépendant des fluctuations quantiques aléatoires « ergodiques ». L'ergodicité « signifie que si l'on imagine générer un ensemble d'univers, chacun avec ses propres conditions initiales aléatoires, alors la distribution de probabilité des résultats dans un volume donné est identique à celle obtenue en

[2] Dans cette section, toutes les références à Tegmark renvoient à son chapitre de 2004, dans *Science and Ultimate Reality: From Quantum to Cosmos*. Version de 2003 du chapitre que le lecteur peut retrouver ici en accès libre : https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0302131

échantillonnant différents volumes dans un seul univers. Autrement dit, tout ce qui aurait pu se produire ici s'est en réalité produit ailleurs » (Tegmark, 2004).

Il en résulte pour Tegmark, que les conditions initiales de l'inflation thermale post-*Big Bang*, produit des régions ayant une probabilité de former des étoiles, des planètes, des galaxies et les autres grandes structures, ce qui rend notre volume de Hubble assez typique. Tegmark suggère approximativement que la copie identique la plus proche de nous se trouve à une distance d'environ $\sim 10^{10^{29}}$ mètres. À environ $\sim 10^{10^{91}}$ mètres de distance, il devrait exister une sphère de 100 années-lumière de rayon, identique à celle centrée ici, de sorte que toutes les perceptions que nous aurons au cours du siècle prochain seront identiques à celles de nos homologues là-bas. À $\sim 10^{10^{115}}$ mètres de distance, il devrait exister un volume entier de Hubble identique au nôtre. Tegmark base ses calculs sur le procédé trivial consistant simplement à compter tous les états quantiques possibles qu'un volume de Hubble peut avoir sans dépasser une température de 10^8 K.

Pour Tegmark, le multivers spatial (de niveau I) semble confirmé par les mesures du fond diffus cosmologique, qui indiquent un univers plat, probablement infini, et remarquablement homogène à grande échelle. Bien que la matière soit aujourd'hui répartie de façon très inégale en galaxies, amas et filaments, le rayonnement fossile présente une température presque identique dans toutes les directions, avec seulement de minuscules fluctuations. Cette homogénéité statistique du cosmos correspond au modèle cosmologique le plus simple et suggère que notre univers observable n'est qu'une région parmi une infinité d'autres au sein d'un espace beaucoup plus vaste.

Niveau II : le multivers inflationnaire. La théorie de l'inflation chaotique éternelle (Guth & Steinhardt 1984 ; Linde 1994) prédit le développement inflationnaire d'une infinité de domaines éloignés les uns des autres par des distances que l'on peut considérer à notre échelle comme infinies. Cette théorie a été développée devant l'insuffisance du modèle du *Big Bang* pour répondre à un certain nombre de problèmes : – l'apparition de l'Univers ex-nihilo ; – la disparition des monopôles magnétiques ; – la platitude de l'espace ; – l'horizon causal dans le fond diffus cosmologique ; et – les fluctuations de densité dans le fond diffus à l'origine des structures cosmiques (étoiles, planètes, galaxies, amas de galaxies…). L'inflation permet la dilution des monopôles par une expansion rapide de l'espace. Cette même expansion transforme les fluctuations quantiques du vide en fluctuations de densité macroscopiquement importantes, capables d'amorcer la formation des galaxies. La théorie de l'inflation chaotique éternelle est compatible avec les observations du fond diffus cosmologique, qui montrent que l'espace est extrêmement plat et que les fluctuations primordiales de densité suivent un spectre presque invariant d'échelle, les ondes gravitationnelles primordiales prédites par certains modèles d'inflation n'ayant pas encore été détectées.

Ce modèle de l'inflation chaotique éternelle peut se décrire ainsi : une bulle d'inflation en engendre d'autres, qui à leur tour en produisent d'autres, dans une réaction en chaîne sans fin. On a affaire à une double infinité : chaque bulle est infinie en taille, tandis que la production des bulles est elle-même infinie. Au sein de cet enchaînement l'inflation peut s'arrêter dans certaines régions de l'espace, il y a thermalisation, ce qui correspond à des univers *Big Bang* comme le nôtre, permettant l'apparition des structures cosmiques et possiblement, en orbite autour de certaines étoiles, de planètes rocheuses, comme la Terre, où la biologie a pu se développer. Il existe donc une infinité non dénombrable de ces univers *Big Bang* (eux même infinis en taille) disséminés dans le tissu des réactions en chaine inflationnaires. Selon ce modèle inflationnaire éternel, il n'y a ni commencement du temps

ni *Big Bang* unique et comme absolu : « il y a, il y a eu et il y aura toujours une infinité de bulles en expansion et de régions post-inflationnaires semblables à celle que nous habitons, le tout formant une structure fractale » (Tegmark, 2004).[3]

Dans un multivers de niveau II les mêmes équations fondamentales de la physique s'appliquent. Cependant, les caractéristiques des particules fondamentales peuvent varier, tout comme le nombre de dimensions spatio-temporelles, selon les univers. On peut imaginer des univers ayant deux générations de quarks au lieu de trois ou encore des espaces à 7 dimensions spatiales. De plus, il en est de même des constantes physiques qui caractérisent les univers et qui peuvent varier d'un univers à l'autre. Par exemple, le rapport de masse électron/proton approximativement égal à 1836, ou encore la constante cosmologique, qui semble être d'environ 10^{-123} unités de Planck. De tels paramètres peuvent varier d'une bulle thermalisée à l'autre.

Plusieurs modèles, non exclusifs, peuvent être envisagés pour le multivers de niveau II. Par exemple, les univers thermalisés pourraient être cycliques, enchainant une série infinie de *Big Bang*, formant un multivers de niveau II en chaine (Steinhardt & Turok 2002). Smolin (1997) propose un multivers de niveau II généré, non par l'inflation, mais par une dynamique des trous noirs. Selon Tegmark (1997), nous ne devrions pas être surpris de vivre dans un espace-temps à 3+1 dimensions, car seules trois dimensions d'espace et une dimension de temps permettent des lois physiques compatibles avec des atomes stables, des structures complexes et l'apparition du biologique et d'observateurs conscients. On peut imaginer encore que de légères modifications des constantes fondamentales contrôlant les forces électromagnétique et nucléaire forte rendraient instables les atomes ou le carbone. Notre Univers se situe donc dans un domaine très restreint, compatible avec une chimie complexe.

Tegmark va plus loin en ce qui concerne les paramètres « finement ajustés » de notre propre univers et ce qu'il appelle le « principe anthropique minimal ». Bien que les univers parallèles du multivers de niveau II soient pour nous inobservables, le fait que les paramètres physiques de notre univers coïncident avec les valeurs d'habitabilité suggère un ensemble d'univers dont nous n'observons qu'un membre (Carter 1974). En résumé, nous passons d'une vision où les constantes de la nature apparaissent comme de simples coïncidences à une approche où elles sont comprises comme le résultat d'un « effet de sélection des observateurs », ouvrant la voie aux développements modernes du principe anthropique, du réglage fin de l'Univers et, plus tard, des théories du multivers.

Tegmark nous donne quelques exemples de cette « effet de sélection » : une force électromagnétique plus faible entraînerait un emballement de la fusion nucléaire (le Soleil et les étoiles deviendraient beaucoup plus lumineuses et instables) ; plus forte, la répulsion entre protons augmenterait et de nombreux noyaux deviendraient instables avec une forte réduction du nombre d'atomes stables ; une interaction faible plus faible et l'hydrogène serait presque entièrement transformé en hélium peu après le *Big Bang* ; une masse du proton plus faible ou plus forte et les supernovas ne pourraient plus éjecter les éléments atomiques lourds et stables, nécessaires à la vie ; enfin, le rapport entre les masses du proton et de l'électron : plus faible et les étoiles stables disparaitraient, plus élevé et les structures ordonnées (cristaux, ADN, etc.) ne pourraient plus se former.

[3] La caractérisation fractale du multivers inflationnaire provient essentiellement de la tradition de l'inflation éternelle initiée par Vilenkin (Aryal & Vilenkin 1987) et développée par Linde (1994), Tegmark ne faisant que reprendre cette description dans sa présentation du multivers de niveau II.

Le multivers de niveau II apporte ainsi une réponse possible au problème du réglage fin. Si un très grand nombre d'univers existent avec des constantes physiques différentes, il n'y a rien d'exceptionnel à ce que l'un d'eux possède précisément les valeurs compatibles avec l'émergence d'étoiles, de planètes, de chimies complexes et, finalement, d'observateurs. Nous ne constatons pas un miracle cosmique ; nous observons simplement l'un des rares univers où une telle observation est possible.

Niveau III : le multivers quantique. Pour Tegmark, le problème de la mécanique quantique n'est pas ses applications, qui sont nombreuses et révolutionnaires (chimie, réactions nucléaires, lasers, semi-conducteurs, transistors, LED, cellules photovoltaïques, IRM, horloges atomiques, supraconducteurs ou encore informatique quantique…), mais son interprétation : comment la comprendre et pouvoir en rendre compte ? La description de la physique classique (positions et vitesses des corps) est inopérante avec la mécanique quantique. Celle-ci nécessite une description des phénomènes en termes de « fonction d'onde », qui n'a rien à voir avec une onde, puisqu'il s'agit d'un objet mathématique.

Selon l'équation de Schrödinger, l'état de l'univers évolue de manière déterministe et unitaire. Géométriquement, cette évolution s'interprète comme une rotation dans l'espace de Hilbert, un espace mathématique abstrait possédant une infinité de degrés de liberté, dans lequel chaque état quantique de la fonction d'onde correspond à un point. Pour décrire la position possible d'une particule, il faut une infinité de valeurs (chaque point de l'espace est une possibilité), donc une infinité de degrés de liberté. Et pour décrire l'Univers entier, le nombre de degrés de liberté est gigantesque.

Historiquement, la première interprétation de la mécanique quantique et celle dite de Copenhague (Niels Bohr et Werner Heisenberg), dans les années 1920. Son postulat est que la fonction d'onde donne les probabilités d'état, tandis que son « effondrement » correspond à un résultat classique, défini, à chaque observation. Everett (1957, 1973) montra que le postulat d'effondrement était inutile : la réalité classique se scinde en une superposition de multiples réalités, formant le multivers de niveau III.

Tegmark nous explique que le modèle d'Everett pose la question de notre incapacité à percevoir les superpositions dans le monde macroscopique. C'est Zeh (1970) qui a démontré que l'équation de Schrödinger elle-même engendre un type d'effet de censure : la décohérence. Elle explique la sélection d'une réalité parmi la multiplicité des états superposés (Zureck 2003). La décohérence permet à la fois d'identifier les univers parallèles de niveau III dans l'espace de Hilbert et de les délimiter les uns des autres. La décohérence a été mesurée expérimentalement dans de nombreuses situations. Parallèlement, les phénomènes de superposition, qui sont à l'origine de cette ramification des états quantiques, ont été démontrés pour des systèmes de taille toujours plus importante, depuis le fullerène C_{60} (Arndt et al., 1999) jusqu'à des systèmes de fibres optiques de plusieurs kilomètres de long (Tittel et al., 1998). Les travaux ultérieurs ont montré que cette interprétation des mondes multiples d'Everett se substituait élégamment à celle de l'effondrement (Giulini et al., 1996 ; Tegmark & Wheeler, 2001).

Cependant, précise Tegmark, les univers du multivers de niveau III peuvent être envisagés de deux façons :

1) Du point de vue mathématique : il n'existe qu'une seule fonction d'onde, qui évolue de manière continue et déterministe au fil du temps, sans aucune division ni parallélisme. Le monde quantique abstrait, décrit par cette fonction d'onde en évolution, contient une multitude de scénarios classiques parallèles, qui se divisent et fusionnent continuellement,

ainsi qu'un certain nombre de phénomènes quantiques qui échappent à une description classique.

2) Du point de vue de l'observateur : celui-ci ne peut faire l'expérience que d'une infime fraction de cette réalité multiverselle. Il ne perçoit que son propre volume de Hubble (dans le multivers spatial de niveau I), la décohérence l'empêchant de percevoir ses copies parallèles de niveau III. Cela vaut pour l'univers entier de l'observateur, comme pour ses processus les plus fins au niveau neuronal. En théorie, même un cerveau présente de multiples ramifications dans le multivers quantique de niveau III. Cependant, l'observateur ne peut s'en rendre compte. Chaque fois qu'un événement quantique susceptible d'influencer son activité cérébrale admet plusieurs issues, il n'en expérimente qu'une seule, les autres se poursuivant dans des branches parallèles qui lui demeurent inaccessibles. Il interprète ainsi cette ramification comme un simple hasard, tandis que chacune de ses copies conserve le même passé jusqu'au moment où leurs histoires divergent.

Niveau IV : le multivers mathématique. Pour Tegmark toutes les théories scientifiques forment comme un arbre généalogique, une hiérarchie, qui les organise des moins fondamentales (par exemple, la sociologie, la psychologie, la médecine, etc.), jusqu'aux plus fondamentales (par exemple, la relativité générale, la théorie quantique des champs, etc.). Toutes ces théories comportent deux composantes : des équations mathématiques et des mots qui expliquent comment elles se rattachent à ce que nous observons. Les théories proches du sommet de la hiérarchie sont hautement mathématiques, les équations étant remplacées par des mots (concepts) au fur et à mesure que l'on descend vers les domaines les moins fondamentaux. En théorie, toutes les théories pourraient être dérivées de la plus fondamentale des théories, une « Théorie du Tout », purement mathématique, à partir de laquelle toutes les autres théories pourraient être dérivées.

Si l'on suppose l'existence de cette Théorie du Tout, une difficulté demeure : qu'est-ce qui explique que les lois de la physique prennent précisément *cette* forme et non une autre ? Cette interrogation est au cœur du programme *Law Without Law* de Wheeler (1983). À partir de là, il devient possible d'envisager, justement, d'autres équations pour une Théorie du Tout, ce qui signifie qu'il y aurait plusieurs Théories du Tout, donc plusieurs univers, une infinité, formant le multivers, mathématique, de niveau IV. Tegmark nous explique que toutes les structures mathématiques sont des systèmes formels de relations abstraites, que les mathématiciens découvrent plutôt qu'ils ne les créent et dont l'ensemble est probablement infini.

Tegmark aborde alors l'idée que le monde physique *est* une structure mathématique, de sorte que les équations mathématiques décrivent tous les aspects du monde physique. Comment une structure mathématique peut-elle rendre compte de ce qui change (comme le mouvement) alors qu'elle-même ne peut pas changer, qu'elle est une entité abstraite et immuable, existant hors de l'espace et du temps ? La réponse à cette question est que la structure mathématique de l'univers correspond aux choses, phénomènes, événements, mais encore à tout leur déroulé dans le temps. Dans le cadre de la relativité générale d'Einstein, cela correspond à un « univers-bloc », qui contient toutes les lignes d'univers qui traversent l'espace-temps. La structure mathématique au fondement de notre univers définit notre univers en tant qu'univers-bloc et l'ensemble de ses lignes d'univers qui le parcourent.

En référence à notre échec actuel dans l'unification de la mécanique quantique et de la relativité générale, Tegmark en conclue que la structure mathématique isomorphe à notre univers reste à découvrir et que l'existence mathématique et l'existence physique sont

équivalentes, de sorte que toutes les structures mathématiques existent aussi physiquement. C'est le multivers de niveau IV. En conclusion de sa présentation Tegmark apporte quelques preuves scientifiques pour chaque multivers.

Multivers	Preuves
Niveau I	Le niveau I est soutenu par les observations cosmologiques, qui indiquent un espace infini, plat, avec une distribution de matière ergodique, de plus, le niveau I, combiné à l'inflation, élimine élégamment le problème de la condition initiale.
Niveau II	Le niveau II est soutenu par le succès de la théorie de l'inflation pour expliquer les observations cosmologiques, et il peut expliquer le réglage fin apparent des paramètres physiques.
Niveau III	Le niveau III est soutenu par des preuves expérimentales et théoriques de l'unitarité, et explique le caractère aléatoire quantique apparent, qui a tant perturbé Einstein, sans abandonner la causalité du point de vue global.
Niveau IV	Le niveau IV explique l'efficacité surprenante des mathématiques pour décrire la physique, selon Wigner (1960), et répond à la question de Wheeler (selon Tegmark 2004) : « Pourquoi ces équations, et pas d'autres ? ».

Max Tegmark, en prenant appui sur les théories scientifiques en cours, propose donc quatre multivers classés par « niveaux » et qu'il conçoit former une « hiérarchie » suivant l'écart avec notre propre multivers spatial et qu'il résume ainsi :

— **Multivers spatial (niveau I) :** les autres volumes de Hubble (régions spatiales) ont des conditions initiales différentes ;

— **Multivers inflationnaire (niveau II) :** d'autres bulles post-inflationnaires peuvent avoir des lois physiques effectives différentes (constantes, dimensionnalité, contenu en particules) ;

— **Multivers quantique (niveau III) :** les autres branches de la fonction d'onde quantique n'apportent rien de qualitativement nouveau ;

— **Multivers mathématique (niveau IV) :** d'autres structures mathématiques possèdent des équations fondamentales de la physique différentes.

La hiérarchie proposée par Tegmark est avant tout descriptive : elle ordonne les multivers selon un degré d'altérité croissant par rapport au multivers spatial de niveau I. Cette progression traduit un élargissement progressif de l'ensemble des multivers possibles, par une généralisation des possibilités physiques, puis mathématiques : du multivers où seuls les conditions initiales varient (niveau I), on passe à un multivers où les lois physiques effectives peuvent également différer (niveau II), puis au multivers des branches de la fonction d'onde quantique (niveau III), jusqu'au multivers englobant toutes les structures mathématiques dotées d'équations fondamentales différentes (niveau IV).

Cette hiérarchie possède une forte valeur descriptive et pédagogique, mais une portée heuristique plus limitée : les quatre niveaux sont juxtaposés selon un degré d'altérité

croissant, sans qu'un principe structurel unique n'explicite leurs relations ou leur éventuelle unité. On se doit, toutefois, de reconnaître au modèle tegmarkien une grande fécondité heuristique en popularisant une vision unifiée des différentes idées de multivers et en stimulant leur comparaison.

LES MULTIVERS PAR TYPES

Nous allons tenter d'aller plus loin et, contrairement à une classification hiérarchique du degré d'altérité, qui distingue plusieurs niveaux de multivers, mais sans expliciter leurs relations structurelles, nous allons proposer un modèle d'emboîtement fractal, dans lequel les différents multivers apparaissent comme des manifestations d'une même architecture géométrique.

Nous pourrons alors parler d'une logique cosmique, c'est-à-dire une logique qui organise les multivers les uns par rapport aux autres dans une structure hiérarchique d'emboîtements. Cela permettra une construction cosmologique globale et exhaustive. Nous parlerons donc de « types » de multivers. Les quatre types de multivers sont :

— **Multivers mathématique (type 1) :** il correspond à l'architecture globale des structures mathématiques cohérentes. Le mode de variation est la multiplicité des structures mathématiques elles-mêmes, c'est-à-dire une *variation de structure*. Ce multivers englobe les multivers de types 2, 3 et 4.

— **Multivers inflationnaire (type 2) :** dans le cadre de l'inflation chaotique éternelle, il s'agit de la multiplicité des univers post-inflationnaires à l'intérieur d'une même structure mathématique fondamentale. Le mode de variation est une *variation de paramètres*. Ce multivers englobe les multivers de types 3 et 4.

— **Multivers spatial (type 3) :** il correspond à l'expansion infinie (que l'on peut appeler inflation thermale) d'un univers post-inflation chaotique éternelle. Il correspond à la multiplicité des régions observables au sein d'un univers donné. Le mode de variation est une *variation de position spatiale*. Ce multivers englobe le multivers de type 4.

— **Multivers quantique (type 4) :** il correspond à l'interprétation des mondes multiples d'Everett et désigne la multiplicité des versions coexistantes d'un même monde. Le mode de variation est une *variation d'état*.

Avant d'entrer dans l'examen détaillé des quatre types de multivers, il nous faut expliciter deux matrices conceptuelles qui en orientent silencieusement la lecture : les deux principes générateurs que sont la **répétition du même** et la **multiplication du possible**. Le premier trouve une formulation radicale chez Louis Auguste Blanqui, révolutionnaire français, pour qui un espace infini et une combinatoire finie impliquent la reproduction à l'identique de configurations (la reproduction du même), jusqu'à nos doubles exacts disséminés dans l'étendue cosmique. La seconde conception reçoit une articulation analytique chez David Lewis, philosophe américain, avec le *réalisme modal*, où chaque possibilité logique possède sa consistance propre (la multiplication du possible). Entre duplication stricte et prolifération modale, ces deux pôles dessinent l'horizon théorique dans lequel les multivers de types 1 à 4 viendront prendre place.

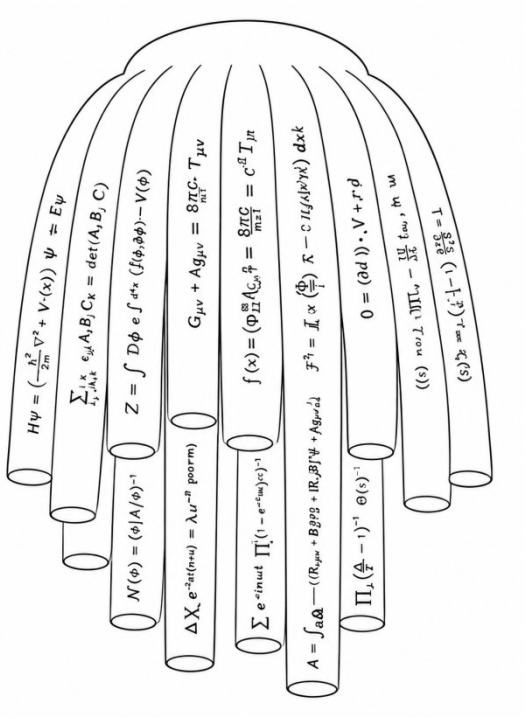

Figure 1. Schéma du Multivers mathématique (type 1). Chaque univers mathématique est représenté par un tube vertical, ayant ses propres structures mathématiques.

Le Multivers mathématique (type 1)

Nous allons donc passer d'une hiérarchie descriptive à une hiérarchie au sein de la Fractale, qui mettra en application à la fois la répétition du même et la multiplication du possible. Nous définissons la « Fractale », avec une majuscule, comme la structure omniverselle comprenant la totalité des quatre multivers. La première structure de la Fractale est le Multivers de type 1, dont le **statut ontologique** est mathématique. Il correspond à l'architecture globale de structures mathématiques cohérentes, chacune définissant un cadre fondamental susceptible d'engendrer un multivers inflationnaire (type 2). Le **mode de variation** du Multivers mathématique est donc celui des structures mathématiques elles-mêmes, ce qui ouvre le champ à une pluralité de Multivers inflationnaires qui héritent de structures mathématiques différentes. Les variations ne portent plus seulement sur les valeurs des constantes ou des paramètres, mais sur l'architecture même des lois physiques : géométries, dimensionnalités, topologies, signatures métriques, nature des objets fondamentaux ou encore dynamique de l'espace-temps. La Figure 1 symbolise le Multivers mathématique comme des « tubes », qu'il faut imaginer en nombre infini, formant la structure de base de la Fractale.

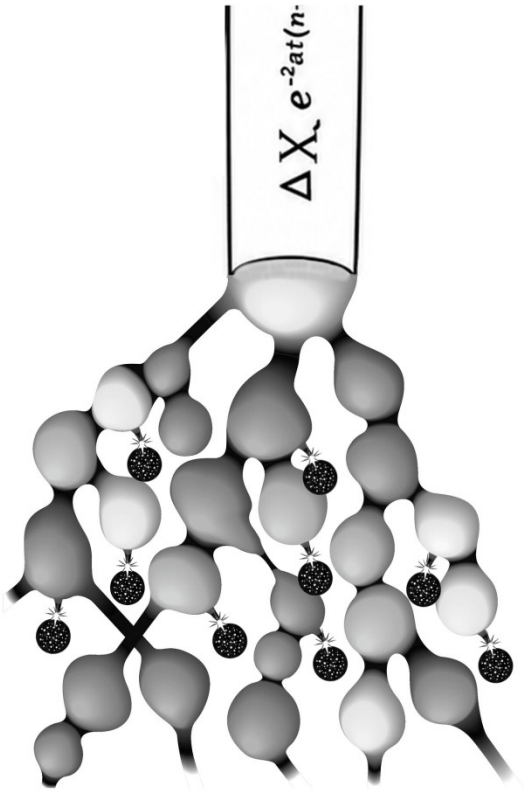

Figure 2. Schéma d'un multivers inflationnaire (type 2), émergeant d'un univers mathématique. Les bulles d'énergie du vide émergent les unes des autres en une inflation chaotique éternelle, qui s'arrête à certains endroits, thermalisant des univers *Big Bang* (d'après Andrei Linde pour les bulles).

Le Multivers inflationnaire (type 2)

Le **statut ontologique** du Multivers de type 2 est inflationnaire. Il correspond à la multiplicité des univers thermalisés post-inflationnaires issus d'une même structure mathématique fondamentale, univers disséminés au milieu de bulles d'inflation, dans une réaction en chaine infinie de nature fractale. Le **mode de variation** n'est plus celui des structures, mais celui des paramètres physiques, chaque univers thermalisé pouvant présenter des constantes, des champs ou des conditions initiales différents tout en obéissant au même cadre fondamental. Lorsqu'une région cesse d'être inflationnaire (l'une des bulles à la Figure 2), l'énergie du champ d'inflation se transforme en particules et en rayonnement, donnant naissance à un univers post-inflationnaire. Chacune de ces bulles thermalisées (*Big Bang*) évolue alors indépendamment, avec ses propres paramètres physiques, tandis que l'inflation continue ailleurs à produire de nouvelles bulles. Le multivers inflationnaire correspond ainsi à l'ensemble de ce processus inflationnaire global, dont chaque univers post-inflationnaire « thermalise » un Multivers spatial (type 3).

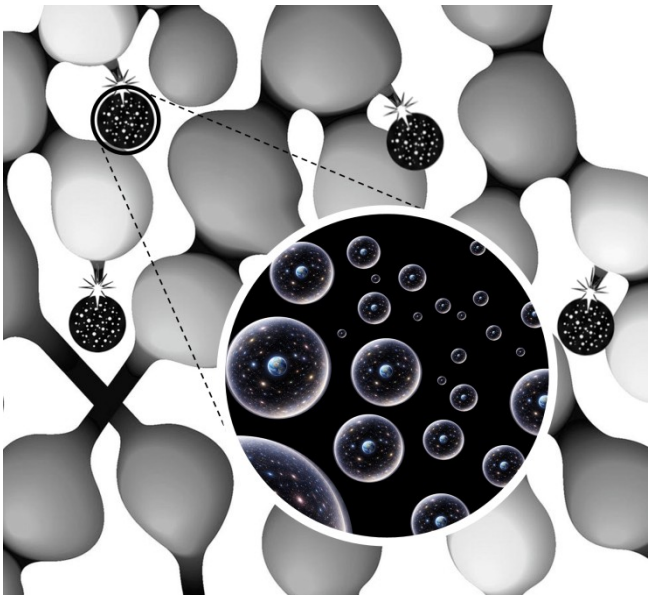

Figure 3. Un multivers spatial (type 3), émerge d'une bulle inflationnaire, lorsque l'inflation éternelle s'arrête. Cet univers thermalisé (*Big Bang*), se prolonge par une inflation thermale, qui génère une infinité de « régions-univers observables » (zoom dans le grand cercle).

Le multivers spatial (type 3)

Il possède un **statut ontologique** spatial. Il correspond à l'expansion et thermalisation (*Big Bang*) potentiellement infinie d'un univers post-inflationnaire et à la multiplicité des régions observables qu'il contient (Figure 3). Le **mode de variation** est celui de la position dans l'espace. Il s'agit du multivers le plus directement issu du modèle cosmologique actuel : les observations indiquent un univers extrêmement vaste, géométriquement presque plat et statistiquement homogène à grande échelle, compatible avec une extension spatiale infinie au-delà de notre horizon cosmique. Cette conception, déjà défendue de manière visionnaire par Giordano Bruno à la fin du seizième siècle, constitue aujourd'hui une conséquence naturelle de la théorie de l'inflation (Bruno, 1995). Si l'espace est effectivement infini et que la matière y est distribuée de façon statistiquement homogène, il existe alors une infinité de régions comparables à notre univers observable. Dans un tel cosmos, les mêmes configurations de matière finissent nécessairement par se répéter (la répétition du même de Blanqui) : quelque part, à des distances inconcevables, existent des régions presque identiques à la nôtre, voire des copies exactes de notre histoire. Dans un tel multivers tous les observateurs sont soumis aux mêmes lois de la physique ; seules diffèrent les conditions initiales héritées des fluctuations quantiques produites pendant l'inflation, déterminant la répartition de la matière, des densités et des vitesses dans chaque volume observable, conduisant à des histoires cosmiques différentes. Décrites comme un champ aléatoire ergodique, ces histoires impliquent que l'ensemble des configurations physiquement possibles est réalisé quelque part dans cet espace infini : tout ce qui peut se produire selon les mêmes lois de la physique se produit effectivement ailleurs (la multiplication du possible de Lewis).

Figure 4. Dans le multivers quantique (type 4), les deux versions (symbolisées par les reflets dans les rétroviseurs : se jeter dans le canyon ou se rendre à la police), peuvent exister, avec des issues identiques ou différentes) dans chaque région-univers observable dans le multivers Spatial (type 3).

Le multivers quantique (type 4)

De **statut ontologique** quantique, ce multivers correspond à l'interprétation des mondes multiples selon Everett (1957, 1973). Chaque univers observable (région), dans un univers thermalisé, est ramifié en une multiplicité de versions coexistantes, suivant les issues possibles de chaque événement quantique. Le **mode de variation** est celui de l'état quantique : toutes les possibilités compatibles avec les lois de la physique se réalisent, chacune dans une branche distincte. Le multivers de type 4 n'ajoute pas de nouveaux univers au sens des multivers de types 1, 2 et 3. Il ne fait que multiplier les versions quantiques d'un même univers spatial (Figure 4), avec les mêmes lois, les mêmes paramètres et les mêmes structures, seules diffèrent les issues des événements quantiques. Comme le monde macroscopique est entièrement constitué de particules fondamentales, il est lui aussi multiplié en d'innombrables versions dans le Multivers quantique (type 4). Tous les instantanés possibles de l'univers spatial existent ainsi simultanément, de sorte que l'écoulement du temps n'apparaît plus comme une propriété fondamentale de la réalité, mais comme une conséquence de la perspective de l'observateur (un constat que partage la relativité générale d'Einstein et son univers-bloc).

Emboîtement des quatre multivers

Multivers de type 1 — Mathématique

Ce qui est à la base : la cohérence logique interne de chaque structure mathématique ; les axiomes propres à la structure considérée ; l'identité formelle de cette structure.

Ce qui varie selon les structures : les lois fondamentales elles-mêmes ; la forme des équations ; les constantes ; la dimensionnalité ; la signature métrique ; la topologie globale ; la nature des objets fondamentaux ; l'existence ou non du temps ; le type même de dynamique.

Commentaire : une variation de structure mathématique qui déterminera les multivers 2, 3 et 4. L'architecture mathématique change. Les autres multivers sont alors des sous-ensembles internes à certaines structures mathématiques particulières.

Multivers de type 2 — Inflationnaire global éternel

Ce qui reste inchangé : le méta-cadre théorique (relativité générale ou équivalent, la mécanique quantique, le champ inflationnaire, le principe d'expansion) ; la structure mathématique globale.

Ce qui change : les constantes effectives ; les paramètres de couplage ; le contenu en champs ; les symétries brisées ; éventuellement la dimensionnalité effective ; l'histoire thermique locale ; la topologie possible des bulles.

Commentaire : une variation de paramètres au sein d'une même théorie inflationnaire. Les bulles sont des solutions différentes d'un même système d'équations.

Multivers de type 3 — Spatial post-inflationnaire

Ce qui reste inchangé : les équations et lois fondamentales ; les constantes ; la physique locale ; la structure inflationnaire antérieure ; le cadre relativiste-quantique.

Ce qui change : les conditions initiales locales ; les configurations de matière ; les réalisations contingentes (la distribution des galaxies, les trajectoires des objets dans l'espace, et les histoires locales).

Commentaire : une variation d'états dans un même univers global infini. Répétition du même et multiplication du possible par extension spatiale.

Multivers de type 4 — Quantique modal

Ce qui reste inchangé : les caractéristiques sont identiques au type 3, mais la physique suit une évolution superposée.

Ce qui change : les résultats des processus quantiques ; les décompositions en branches ; les configurations macroscopiques issues de la décohérence.

Commentaire : une variation d'issues au sein d'un même état global. Les branches ne diffèrent pas par leurs lois, mais par l'actualisation des amplitudes de la fonction d'onde.

Le tableau ci-dessus synthétise l'emboîtement des quatre multivers constituant la totalité de ce qui est. Cette logique d'emboîtement consiste, en partant du haut, en un multivers de type 1 (mathématique), qui emboîte un multivers de type 2 (inflationnaire), qui emboîte un multivers de type 3 (spatial), qui emboîte un multivers de type 4 (quantique), chaque multivers étant infini. On notera que dans une lecture synthétique du tableau, plus on descend de 1 vers 4, plus le cadre reste stable et plus la variation se restreint. D'abord structurelle (1), elle devient paramétrique (2), puis configurationnelle (3) et enfin simplement événementielle (4).

LA FRACTALE OMNIVERSELLE

Dans le cadre d'une fractale omniverselle, l'unité fractale ne doit pas être cherchée du côté d'une forme géométrique simple (comme, par exemple, le triangle de Koch), mais du côté d'un bloc ontologiquement complet. En accord avec Vilenkin et Linde, nous allons donc définir comme unité la bulle-univers issue du multivers inflationnaire de type 2, entendue non comme simple domaine spatial, mais comme bloc espace-temps intégralement thermalisé.

Dans le cadre de l'omnivers, l'unité fractale n'est donc pas toute bulle issue de l'inflation éternelle, mais spécifiquement une bulle ayant quitté le régime d'expansion inflationnaire pour entrer en phase de thermalisation, c'est-à-dire un univers de type *Big Bang*. L'inflation éternelle engendre une arborescence de domaines en expansion, mais seuls certains sous-domaines voient l'énergie du vide se convertir en particules et rayonnement, stabilisant des constantes et initiant une dynamique cosmologique classique. Ce sont ces bulles thermalisées, blocs d'espace-temps complets, dotés d'une histoire interne, que nous allons retenir comme unités fractales.

Cette bulle-univers comprend : un jeu déterminé de constantes physiques, un contenu en champs et particules stabilisé après l'inflation locale (thermale), une dynamique cosmologique propre (expansion, structuration gravitationnelle, entropie), une extension spatiale ergodique (répétition du même et multiplication du possible) relevant du type 3 (spatial), et des ramifications modales quantiques relevant du type 4 (quantique). Cette bulle-univers constitue ainsi un sous-ensemble cohérent et autosuffisant du point de vue physique. L'unité fractale omniverselle n'est donc pas un point, ni une région, mais un bloc complet capable d'engendrer en son sein la répétition du même et la multiplication du possible. Elle est génératrice d'emboîtements : spatialement par répétition ergodique et modalement par décohérence.

À l'échelle supérieure, une infinité de telles bulles (les bulles qui s'expansent et celles qui thermalisent) est elle-même incluse dans une structure mathématique de type 1 distincte, parmi une infinité d'autres structures possibles.

Ainsi définie, la bulle-univers thermalisée de type 2 devient la brique élémentaire de la fractale omniverselle : un bloc capable de se retrouver, sous des variations paramétriques ou structurelles, à travers une infinité de réalisations mathématiques.

La méthode de déploiement à partir de l'unité est la suivante : une bulle-univers inflationnaire complète, bloc espace-temps thermalisé contenant en elle les niveaux 3 et 4. La fractalisation consiste alors non à la copier mécaniquement, mais à appliquer récursivement la même logique d'inclusion à chaque niveau.

Étape 1 : Déploiement interne (type 2 ⊇ type 3 ⊇ type 4)[4]. À l'intérieur de la bulle (type 2), l'ergodicité spatiale (type 3) réalise la répétition du même et la multiplication du possible : dans un espace suffisamment vaste, toutes les configurations compatibles avec les lois locales se réalisent. À l'intérieur de chaque région, la dynamique quantique unitaire engendre une ramification modale (type 4) : chaque événement indéterminé du point de vue classique correspond à une coexistence de branches. La bulle contient donc déjà une arborescence interne.

[4] Le symbole ⊇ (inclusion) indique ici une relation d'emboîtement hiérarchique : un multivers de type 1 contient des multivers de type 2, qui contiennent eux-mêmes des multivers de type 3, eux-mêmes contenant des multivers de type 4. Il ne s'agit pas d'un ordre de grandeur ou de valeur, mais d'une relation d'inclusion entre niveaux de structure.

Étape 2 : Réplication inflationnaire (type 2 à nouveau). Le régime d'inflation éternelle produit d'autres bulles, chacune avec ses paramètres éventuellement distincts (constantes, brisure de symétrie, contenu en champs). Chaque nouvelle bulle reproduit la structure type 2 ⊇ type 3 ⊇ type 4. L'autosimilarité apparaît ici : une unité engendre des unités structurellement analogues.

Étape 3 : Variation mathématique (type 1 ⊇ type 2). Chaque ensemble cohérent de bulles inflationnaires est inclus dans une structure mathématique donnée (type 1). Mais il existe une infinité de structures mathématiques distinctes. Pour chacune, si les conditions le permettent, une hiérarchie inflationnaire analogue peut exister. La fractalisation atteint alors son niveau supérieur : non seulement répétition de bulles dans une structure, mais répétition de structures contenant des hiérarchies de bulles.

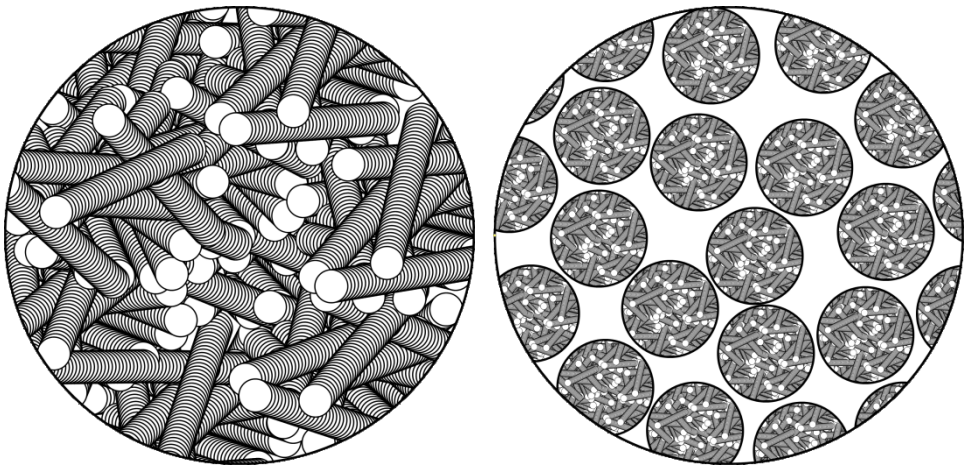

Figure 5. À gauche : un multivers everettien, quantique modal de type 4, contenant la multiplicité des versions coexistantes d'un même monde, nécessaire aux hypothèses quantiques. **À droite :** un multivers spatial de type 3, contenant une infinité de « régions » (volumes de Hubble ou univers observables), résultant de l'extension spatiale d'un même univers post-inflationnaire et impliquant la répétition statistique des configurations matérielles.

La méthode générale de construction de la fractale omniverselle est donc la suivante : identifier une unité complète ; expliciter sa structure interne d'emboîtement ; montrer que cette structure peut être reproduite à un niveau supérieur par variation de paramètres ; puis itérer conceptuellement cette inclusion jusqu'au niveau mathématique. Pour rappel, l'autosimilarité ne porte jamais sur la forme géométrique, mais sur la règle d'engendrement : inclusion d'ensembles contenant eux-mêmes des ensembles hiérarchisés selon le schéma type 1 ⊇ type 2 ⊇ type 3 ⊇ type 4. La fractale omniverselle n'est ainsi rien d'autre que la répétition récursive d'une même loi d'emboîtement ontologique, appliquée à des contenus variables (voir Figures 5 et 6).

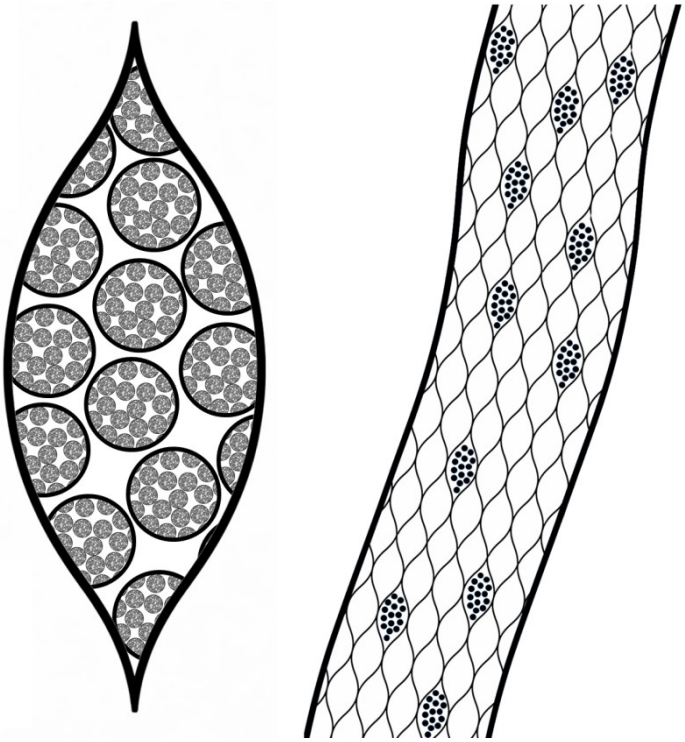

Figure 6. À gauche, un multivers inflationnaire global de type 2, contenant la multiplicité des multivers spatiaux, nécessaire aux hypothèses d'inflation chaotique globale éternelle. À droite, un multivers mathématique de type 1, incluant l'infinité des univers inflationnaires et nécessaire à la conjecture des univers contigus (voir plus loin).

Le tableau complet de la fractale omniverselle

Sous la forme d'un « bloc », comme on dit « univers-bloc », donc hors de toute temporalité (le temps n'en étant qu'une des dimensions dans certaines de ces unités), la fractale omniverselle contient toute la trame temporelle passé-présent-futur de l'omnivers.

À l'avant-plan, occupant pratiquement toute la surface, se trouvent les blocs de type 1, symbolisant des structures mathématiques en nombre infini. Ils ne sont pas alignés en grille, mais distribués comme des « noyaux », chacun autonome, chacun définissant un cadre logique complet. Chaque noyau de type 1 engendre en son sein une zone d'expansion interne correspondant au type 2. Visuellement, on peut les figurer comme des régions émanant de chaque bloc mathématique.

Dans ces régions apparaissent les blocs de type 2, correspondant aux régimes inflationnaires. Leur dynamique est arborescente. Des bulles se détachent du fond inflationnaire en nombre infini. La plupart restent de simples domaines en expansion, mais certaines thermalisent. Ce sont elles qui se densifient visuellement dans le tableau, devenant des sous-structures plus nettes, plus contrastées.

Chaque bulle thermalisée constitue un bloc de type 3, soit un univers spatial initié par un *Big Bang* et une inflation interne. À l'intérieur, la surface se granule. L'ergodicité spatiale (la répétition du même et la multiplication du possible) produit une répétition de configurations. Le motif s'affine, comme lorsqu'on zoome, découvrant de plus en plus de détails. Le tableau suggère cette répétition au travers d'une texture interne récurrente.

Enfin, à l'intérieur de chaque région spatiale, la structure se subdivise encore en blocs de type 4. Ce ne sont plus des expansions géométriques, mais des dédoublements modaux en chaînes. Visuellement, cela correspond à des micro-ramifications translucides, superposées, plutôt qu'étalées, évoquant une prolifération interne plutôt qu'un éclatement externe.

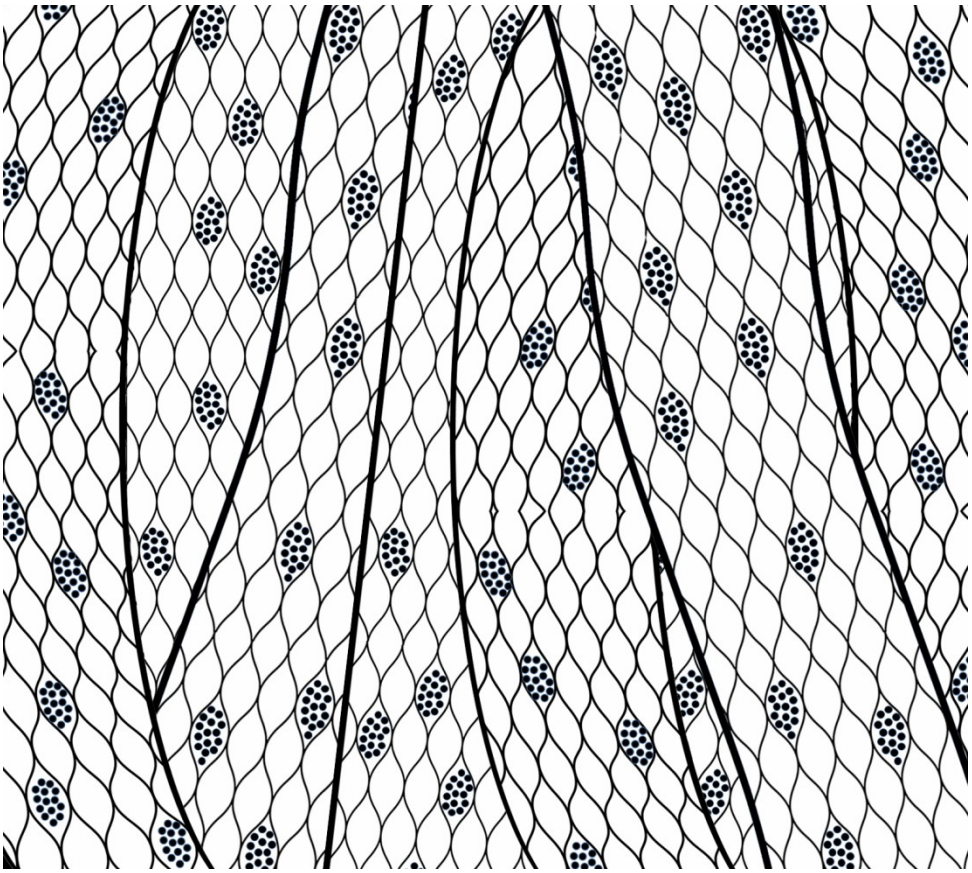

Figure 7. Représentation approximative d'un omnivers fractal infini (ou fractale omniverselle), composé de l'ensemble des structures du multivers mathématique. On distingue sur ce schéma les colonnes mathématiques, qui contiennent le treillis des bulles inflationnaires, dont certaines thermalisent en univers spatial, empli de régions-volumes de Hubble. (Nota : les limites du graphisme n'ont pas permis de représenter les multivers quantiques modaux – Figure 4).

Le tableau entier (Figure 7) donne ainsi l'impression d'un déploiement en profondeur : des colonnes de structures mathématiques (type 1), des arborescences inflationnaires (type 2), des sphères thermalisées structurées (type 3), puis des subdivisions modales fines (type 4, non visibles sur le schéma). L'autosimilarité ne réside pas dans la forme répétée, mais dans le principe : chaque niveau engendre une multiplicité interne qui devient le support du niveau suivant.

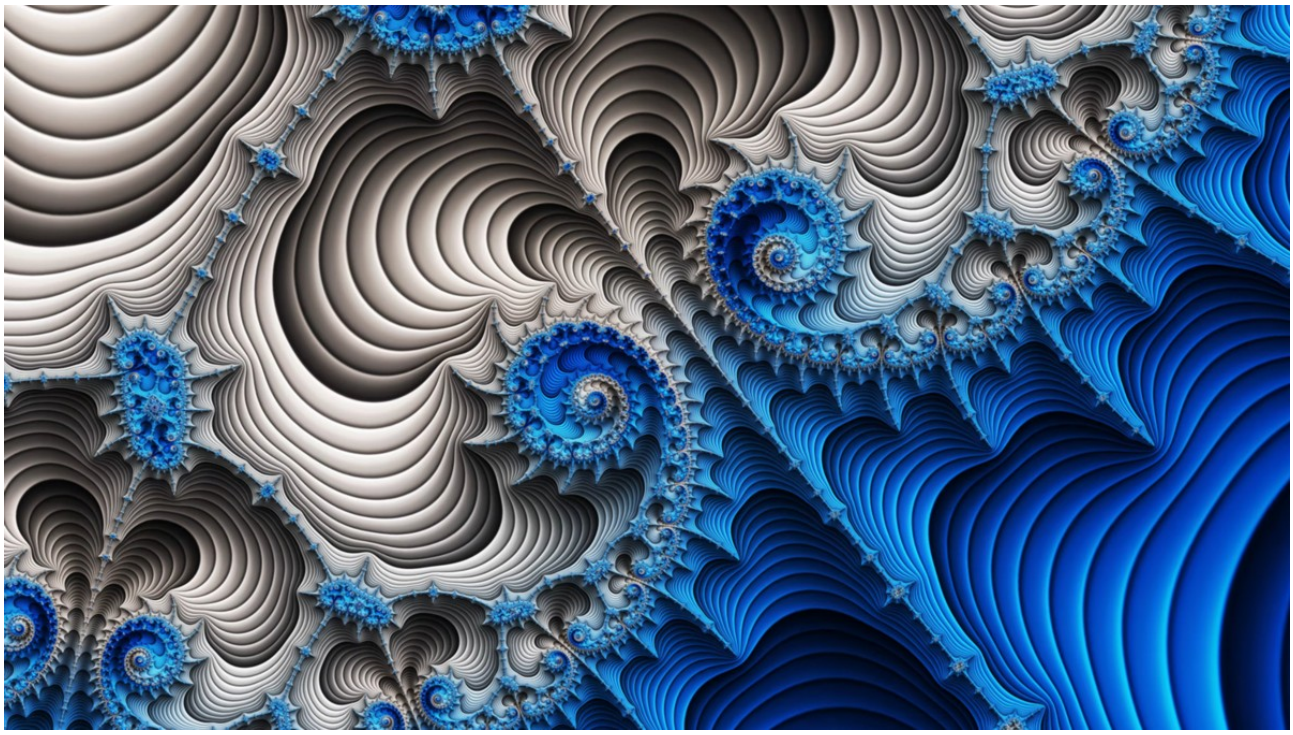

Figure 8. Une copie d'écran de la fractale vidéo « Sapphires » comme tentative de figuration de la fractale omniverselle.

La touche finale

Pour pouvoir peindre visuellement ce tableau de la fractale génératrice omniverselle, explorant tous les possibles, nous nous sommes inspirés de l'une des fractales vidéo « Sapphires »[5], en particulier celle indiquée en note, une variante d'un ensemble de Mandelbrot, produisant des structures en rosaces bleutées, autosimilaires, avec répétition de motifs en éventail. Une fractale complexe, obtenue par répétition dans le plan des nombres complexes, où un motif central se réplique à différentes échelles avec des déformations locales, mais une signature globale reconnaissable (Figure 8).

Nous ne prétendons pas à une stricte isomorphie entre la fractale omniverselle et ce qui se déroule dans cette vidéo. Il convient simplement d'y voir une source d'inspiration visuelle. On peut, par exemple, à la seconde 23 de la vidéo, se figurer les gros bourrelets gris comme des multivers de type 1. Au fur et à mesure que nous pénétrons plus profondément dans la fractale omniverselle, nous nous enfonçons dans des configurations répétitives. Seconde 55, à l'intérieur des types 1 s'étagent les multivers de type 2, couleur saphir, dont toutes les bulles s'empilent à l'infini. Il ne nous reste plus qu'à imaginer, dans chaque bourrelet saphir (à 1 minute, 6 secondes, par exemple), un multivers de type 3, puis de type 4 et une galaxie appelée Voie Lactée et une planète appelée la Terre et nous-mêmes, quelque part sur cette planète et peut-être ressentirons-nous le vertige d'être quelque part dans cette fractale omniverselle infinie…

En résumé, si la fractale omniverselle est pensée comme un empilement compact de blocs intégralement constitués : de structures mathématiques engendrant des régimes

[5] Le lecteur intéressé pourra trouver la fractale vidéo qui nous a inspiré ici : https://youtu.be/8cgp2WNNKmQ. Copyrights Olbaid ST (https://www.deviantart.com/olbaid-st) et Maths Town (https://www.maths.town/videos/a-trip-to-infinity-video/).

inflationnaires, de bulles thermalisées, d'univers spatiaux et de ramifications modales, alors rien n'impose que ces blocs soient isolés au sens fort. Leur contiguïté devient concevable : non pas comme communication ordinaire entre univers, mais comme voisinage topologique au sein d'une architecture globale dense.

Dans une telle configuration, deux ou plusieurs univers, qui sont adjacents dans le bloc, pourraient ne pas être absolument étanches l'un à l'autre. Leur contiguïté ne se réduirait pas à un simple voisinage géométrique, mais renverrait à une proximité structurelle susceptible d'autoriser des influences faibles, des corrélations résiduelles ou des effets de bord à la frontière de leurs domaines respectifs.

L'hypothèse des univers contigus naît ainsi de la vision fractale omniverselle compacte : un omnivers dense où les blocs ne sont pas séparés par un néant ontologique, mais juxtaposés dans une continuité supérieure, de sorte que certaines interactions, non attribuées à une source interne, pourraient prendre leur source dans des influences émanant d'univers contigus.

La conjecture des univers contigus (CUC)

Depuis la fin du vingtième siècle, la cosmologie observationnelle a mis au jour une dissymétrie profonde entre ce que nous voyons et ce que les équations exigent. Les vitesses de rotation des galaxies, la dynamique des amas et les effets de lentille gravitationnelle révèlent un excès de gravité que la matière visible ne suffit pas à produire. Pour rendre compte de ce surplus, on introduit la matière dite « noire » : non pas observée directement, mais inférée comme composant gravitationnel dominant.

À cette énigme s'en ajoute une autre, plus déstabilisante encore. L'étude des supernovæ lointaines et du fond diffus cosmologique indique que l'expansion de l'univers n'est pas seulement en cours, mais de plus accélérée. Une composante à pression négative, qualifiée d'énergie « sombre », est alors postulée pour expliquer cette accélération.

Dans le cadre inflationnaire, matière noire et énergie sombre ne sont pas des ajouts tardifs, mais des composantes intégrées à l'évolution globale issue de la phase d'inflation primordiale. L'inflation fixe les conditions initiales : quasi-platitude spatiale, spectre presque invariant d'échelle des fluctuations et distribution des germes de structure. Après la thermalisation et l'ère de domination radiative, la matière noire (supposée froide et faiblement interactive) amplifie, par instabilité gravitationnelle, les fluctuations initiales produites durant l'inflation. Ces fluctuations gravitationnelles permettent la formation hiérarchique de structures gravitationnellement liées : des halos de matière noire et des galaxies. La matière noire est ainsi cohérente avec le scénario inflationnaire, dont elle exploite les conditions initiales.

Concernant l'énergie sombre, dans le cadre inflationnaire, il faut distinguer deux phases d'expansion accélérée séparées par l'histoire thermique et gravitationnelle de l'univers. La première phase, l'inflation primordiale, intervient extrêmement tôt, entre environ 10^{-36} et 10^{-33} seconde, étendant l'univers d'un facteur de 10^{26}, juste après le *Big Bang*. Elle est attribuée à l'énergie potentielle d'un champ scalaire à très haute énergie et explique la quasi-platitude spatiale, ainsi que le spectre des fluctuations initiales. Après la thermalisation, l'univers entre dans les ères dominées par le rayonnement, puis par la matière. Bien plus tard, lorsque la densité de matière diluée par l'expansion devient inférieure à une composante à pression négative, une seconde phase d'accélération apparaît : celle que l'on attribue de nos jours à l'énergie sombre, souvent modélisée par une constante cosmologique Λ ou par un champ scalaire de très basse énergie (énergie du vide). Ainsi, inflation primordiale et accélération tardive sont deux régimes distincts d'expansion

accélérée, encadrant l'évolution dominée par la matière noire, sans que le modèle inflationnaire ne précise encore la nature microscopique de ces deux composantes.

Dans le modèle cosmologique standard, ces deux composantes (Figure 9) représentent la majeure partie du contenu énergétique du cosmos (énergie sombre $\approx$ 72 % ; matière noire $\approx$ 23 %), tandis que la matière ordinaire (étoiles, gaz, planètes) n'en constitue qu'une fraction minoritaire ($\approx$ 4,6 %). Ainsi, la cosmologie contemporaine repose sur des entités principalement définies par leurs effets dynamiques, non par une observation directe. Les épithètes « noire » et « sombre » ne sont donc pas descriptifs, mais une façon presque poétique de marquer notre ignorance. La question n'est plus seulement de mesurer l'univers, mais d'identifier la nature réelle de ce qui en gouverne l'évolution.

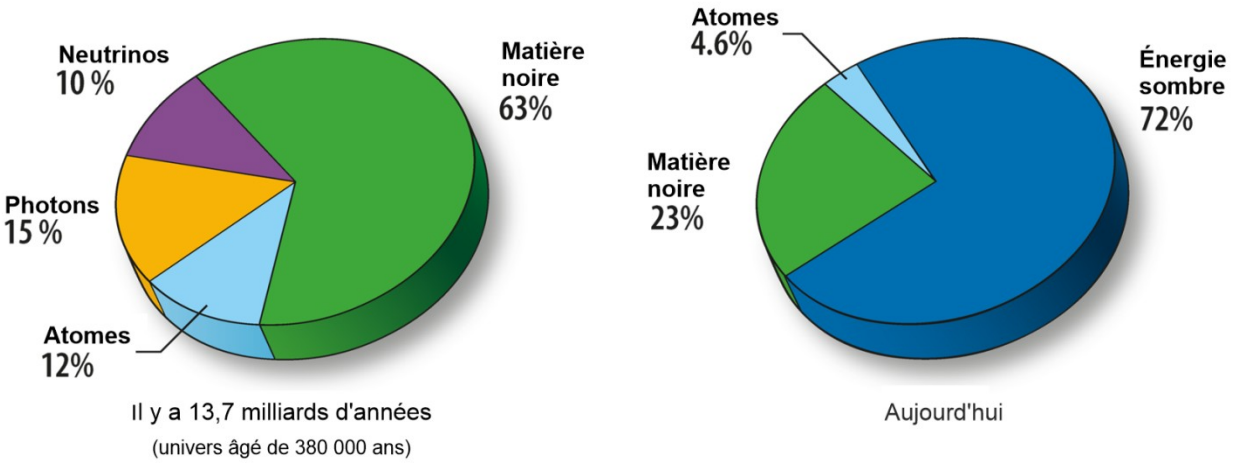

Figure 9. Compositions de l'univers en éléments fondamentaux, dont les hypothétiques matière noire et énergie sombre, à 380 000 ans après le *Big Bang* et aujourd'hui.

Jusqu'à présent, les « candidats » à la matière noire sont des entités hypothétiques envisagées par la physique théorique, dont les masses, des particules ultralégères jusqu'aux objets macroscopiques, s'échelonnent approximativement de 10^{-20} à 10^{30} électronvolts (un facteur de 10^{50}, presque aussi vertigineux que l'écart séparant la longueur de Planck du diamètre de l'Univers observable). Parmi ces candidats figurent des particules ultralégères, comme les photons noirs, les axions ou les particules de type axion (*Axion-Like Particles*, ALPs) ; des particules plus massives, telles que les gravitinos ou les particules massives interagissant faiblement (*Weakly Interacting Massive Particles*, WIMPs) ; enfin, des objets macroscopiques hypothétiques, comme les trous noirs primordiaux.

À l'instar de la matière noire, l'énergie sombre possède elle aussi ses « candidats ». Le modèle de la constante cosmologique (Λ), assimilée à l'énergie du vide : l'énergie sombre serait une propriété intrinsèque du vide quantique, uniforme dans tout l'Univers et constante au cours du temps. La quintessence : au lieu d'une constante, l'énergie sombre serait un champ scalaire dynamique, analogue au champ d'inflation primordial. Sa densité pourrait varier lentement au cours de l'histoire cosmique. L'énergie fantôme : une forme plus exotique de quintessence, dont la pression négative serait encore plus forte. Si elle existait, elle pourrait conduire à un *Big Rip*, où galaxies, étoiles, planètes, puis atomes, seraient progressivement déchirés par l'expansion. Les théories de gravitation modifiée : l'accélération de l'expansion ne serait pas due à une nouvelle énergie, mais au fait que la

relativité générale ne décrirait plus correctement la gravitation aux très grandes échelles. D'autres hypothèses demeurent cependant ouvertes, dans le cadre de modèles cosmologiques plus exotiques : inhomogénéités, énergie du vide variable, interaction entre matière noire et énergie sombre, champs vectoriels, modifications de la cosmologie quantique, modèles issus des théories des cordes, etc.

La CUC propose une interprétation alternative de ces deux énigmes cosmologiques. Les effets aujourd'hui attribués à la matière noire et à l'énergie sombre pourraient, selon cette approche, résulter non de constituants propres à notre univers, mais de l'influence gravitationnelle (effet « matière noire ») et des propriétés géométriques (effet « énergie sombre ») du voisinage des univers-blocs au sein de la fractale omniverselle. Cette proposition repose sur cinq hypothèses :

(1) Hypothèse d'absence : il n'y a pas de particules correspondant à la matière noire ; il n'y a pas de champ correspondant à l'énergie sombre.

(2) Hypothèse de la contiguïté fractale : notre univers est bien dans un omnivers-bloc de nature fractale et plein, entraînant la proximité et le contact entre univers.

(3) Hypothèse des effets inter-univers : excès de gravitation et expansion de l'espace sont les conséquences de la présence des univers contigus à notre univers.

(4) Hypothèse du contact des horizons : il y a une influence inter-géométrique entre univers contigus.

(5) Hypothèse de l'influence gravitationnelle : les univers contigus peuvent produire des sites de nucléation[6] d'une matière apparente.

Ainsi formulée (Figure 10), la CUC opère un déplacement ontologique : au lieu de postuler des entités nouvelles internes à notre bloc (particules de matière noire ou champ d'énergie sombre) elle attribue les effets observés à une causalité externe, issue du voisinage fractal d'autres univers-blocs en contact géométrique avec le nôtre. Si ces influences inter-univers, notamment gravitationnelles, rendaient effectivement compte des signatures aujourd'hui attribuées à la matière noire et à l'énergie sombre, alors ces dernières cesseraient d'être des « substances » pour devenir des effets d'interface. En ce sens, l'explication des anomalies dynamiques et de l'accélération cosmique par des interactions inter-géométriques constituerait, en retour, un argument indirect, mais puissant, en faveur de l'existence effective d'un omnivers fractal : **les multivers ne seraient plus une extrapolation spéculative, mais la condition explicative minimale des phénomènes mesurés dans notre propre univers.**

[6] Par analogie, le terme de « nucléation » est issu de la physique des transitions de phase : un système peut rester longtemps homogène (liquide surrefroidi, solution sursaturée) jusqu'à ce qu'apparaisse un germe qui déclenche la formation de bulles, de cristaux ou d'une nouvelle phase. On parle alors de nucléation.

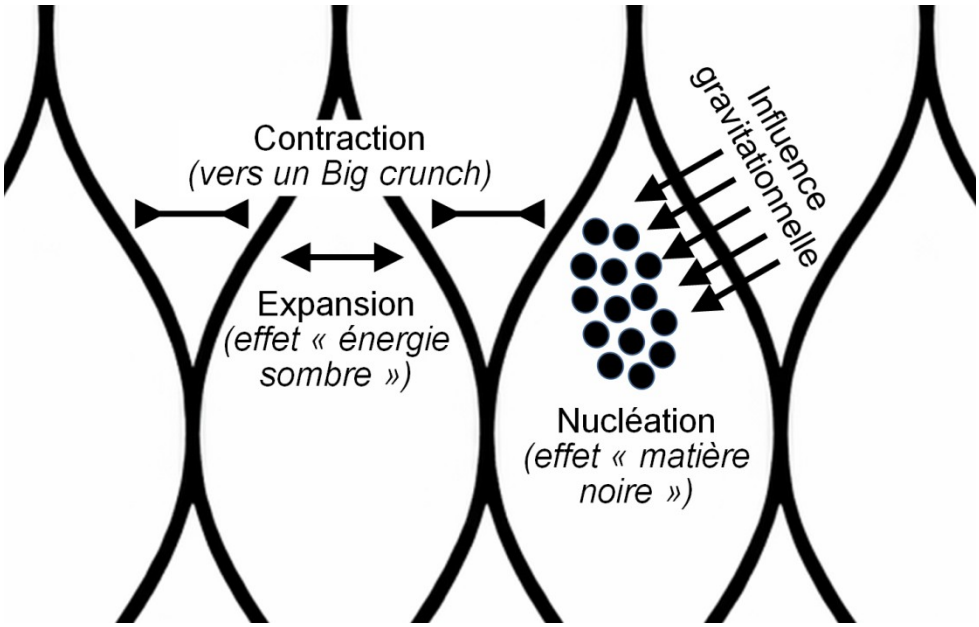

Figure 10. Schéma illustrant la CUC. Sur la gauche, les liens hypothétiques entre des univers en contraction et un univers en expansion, par effet géométrique (effet « énergie sombre ») ; à droite, l'influence gravitationnelle d'un univers sur un autre, par nucléation (effet « matière noire »), comme première étape vers la matière-énergie-gravitation.

De nombreux physiciens et cosmologistes contemporains ont défendu, sous des formes très différentes, l'existence de multivers ou développé des théories conduisant à leur possibilité, parmi lesquels Alexander Vilenkin, Andrei Linde, Alan Guth, Leonard Susskind, Laura Mersini-Houghton, Yasunori Nomura, David Deutsch, Sean Carroll, Lee Smolin, Max Tegmark aussi bien que les auteurs français Aurélien Barrau, Jacques Demaret, Dominique Lambert, Marc Lachièze-Rey, Thibault Lepeltier, Jean-Pierre Luminet. À l'inverse, plusieurs scientifiques et auteurs ont formulé d'importantes critiques à l'encontre de certains modèles de multivers, de leurs fondements théoriques ou de leur statut scientifique, notamment Sabine Hossenfelder, David Gross, Paul Steinhardt, Anna Ijjas, Abraham Loeb, David Spergel, Neil Turok, Viatcheslav Mukhanov, Michael S. Turner, Roger Penrose, George Ellis, Joe Silk, Carlo Rovelli, Adam Frank, Marcelo Gleiser, Jim Baggott et Paul Davies. Ces positions ne constituent toutefois pas deux camps homogènes : les critiques portent, selon les auteurs, sur la testabilité des modèles, l'inflation éternelle, le paysage de la théorie des cordes, le raisonnement anthropique ou, plus généralement, sur le statut épistémologique d'univers causalement inaccessibles.

La plupart des auteurs scientifiques qui abordent la question du multivers prennent soin de préciser que les univers qui le composent, au-delà de leur genèse, sont séparés les uns des autres et présentent une étanchéité causale et physique excluant tout passage d'un univers à un autre (à l'exception du multivers modal everettien). Notre CUC ne dit pas le contraire et ne propose que des influences inter-univers, géométriques et gravitationnelles. À partir de là, on peut se demander comment se présente l'interface entre deux univers contigus. Est-ce un mur invisible ? Une sorte de brouillard ? Une porte dans l'espace ? En tout cas, la question de l'interface reste entière.

La fractale omniverselle ne constitue pas un simple motif descriptif ajouté à la cosmologie contemporaine ; elle en propose une reformulation d'ensemble. En passant de la hiérarchie des structures à une organisation fractale des univers-blocs, l'omnivers cesse d'être une juxtaposition de niveaux pour devenir une géométrie d'inclusions ontologiques, où chaque univers est à la fois totalité locale et fragment d'une structure plus vaste.

Le tableau complet en révèle la cohérence interne : répétition du même, multiplication du possible, emboîtement des cadres physiques et variation des paramètres ne s'y opposent plus, mais se distribuent selon une logique d'autosimilarité.

La touche finale, avec la CUC, introduit une relation géométrique au sein même du bloc fractal : les effets attribués à la matière noire et à l'énergie sombre pourraient résulter des propriétés d'interface entre géométries adjacentes. Si une telle perspective devait s'avérer féconde, elle transformerait une architecture spéculative en exigence explicative, faisant de la fractale omniverselle non plus une image métaphysique, mais un cadre susceptible d'absorber les énigmes actuelles de la cosmologie. Et, peut-être, en retour, nous apporter des preuves empiriquement testables de la présence d'univers contigus au nôtre.

CONCLUSIONS PHILOSOPHIQUES

L'humain décentré

Le parochialisme cosmologique, est cette tendance humaine à nous situer au centre du monde. Depuis que l'homme lève les yeux vers le ciel, il se voit partout au milieu. Ce réflexe d'anthropocentrisme, l'esprit de clocher (paroisse) appliqué à l'univers, traverse toute l'histoire de la pensée. C'est la tendance à ramener l'immense à la mesure de l'humain, à croire que le cosmos s'organise autour de notre point d'observation, de notre planète, de notre galaxie, ou même de notre théorie préférée.

Dans l'Antiquité, la Terre trônait immobile au centre des sphères. Lorsque Copernic déplaça le Soleil au centre, on crut s'être affranchi du géocentrisme, mais ce fut pour inventer un nouvel héliocentrisme : le même cercle, déplacé d'un cran. Et quand l'astronomie moderne révéla que le Soleil n'est qu'une étoile parmi des milliards, l'orgueil humain se réfugia dans la Voie lactée, supposée unique, avant de découvrir qu'elle n'était qu'une galaxie parmi des milliards d'autres. Chaque révolution du savoir nous décentre, mais notre imaginaire nous recentre aussitôt. Nous changeons de centre comme de chemise ; le besoin d'habiter le milieu du monde semble indéracinable.

Même la science contemporaine, pourtant armée de télescopes spatiaux et d'équations, n'échappe pas à ce biais discret : la plupart des modèles cosmologiques se fondent sur ce que nous pouvons observer depuis notre bulle d'horizon. Nous prenons la carte locale pour le territoire global. Le *Big Bang* devient un événement universel, alors qu'il pourrait n'être qu'une histoire régionale ; notre univers observable, un simple fragment d'une structure plus vaste. Beaucoup de chercheurs, même ouverts à la pluralité quantique, rejettent encore l'idée de multivers comme une offense à la parcimonie scientifique[7]. Comme si la réalité devait, par élégance, se limiter à notre champ de vision.

[7] La parcimonie scientifique ne doit pas être confondue avec une parcimonie ontologique imposant de réduire le nombre d'entités postulées. Chez Karl Popper, la simplicité d'une théorie tient notamment à sa puissance explicative et à son degré de testabilité : une théorie plus générale peut ainsi postuler une réalité plus vaste tout en demeurant méthodologiquement plus simple. L'hypothèse d'un multivers n'est donc pas, par son seul caractère multiple, incompatible avec le principe de parcimonie scientifique (Popper, 1959).

Pourtant, chaque étape de la cosmologie a consisté à repousser ces frontières conceptuelles. Du ciel des dieux à l'espace-temps d'Einstein, de la Voie lactée d'Herschel aux galaxies d'Hubble, de l'univers unique aux multivers de Tegmark, l'histoire des idées est celle d'un décentrement continu. Et, cependant, nous restons terriens jusque dans nos équations. Même nos hypothèses les plus audacieuses gardent la trace de cette nostalgie du centre : le désir que le réel se conforme à la taille de notre esprit.

Le parochialisme cosmologique est, en somme, notre dernier abri métaphysique. Tant que nous tenons à n'avoir qu'un seul univers, c'est encore de nous que nous parlons : de notre besoin d'un monde familier, clos, mesurable. Nous sommes encore les autochtones du cosmos. Mais si le cosmos est vraiment infini, si les multivers s'emboîtent à l'infini dans des fractales d'omnivers, alors se contenter d'un seul multivers serait peut-être… un beau gâchis d'espace.

La conclusion s'impose donc : l'homme n'est plus au centre, et comme l'univers n'a pas de centre, du coup, l'homme disparaît totalement. Pour mieux comprendre, faisons des étincelles. L'étincelle comme unité des formes d'humanité. Si l'on se limite à l'humanité au sens strict, celle d'*Homo sapiens*, son apparition remonte à environ 300 000 ans. À l'échelle de l'histoire cosmique, cette durée est presque imperceptible. L'univers a environ 13,8 milliards d'années et la Terre elle-même plus de 4,5 milliards d'années. L'humanité surgit donc extrêmement tard dans l'évolution du cosmos. Même si l'on se montre optimiste et généreux en imaginant une durée totale de l'humanité de 1 million d'années, cela resterait une durée infime comparée aux milliards d'années de l'histoire cosmique. Une telle humanité apparaîtrait alors comme un phénomène très bref, une configuration biologique et culturelle fugitive au sein d'un processus cosmique immensément plus long. Une étincelle.

Or l'histoire de l'univers est loin d'être terminée. Les étoiles continueront à se former pendant encore environ 100 000 milliards d'années. Pendant toute cette période, de nouvelles planètes pourront apparaître et certaines pourraient, en principe, abriter des formes de vie intelligentes. Si des humanités comparables à la nôtre surgissent ici ou là et si chacune ne dure qu'environ 1 million d'années, leur existence resterait toujours extrêmement brève par rapport à la durée totale de cette époque cosmique. Chaque humanité représenterait alors une très courte apparition dans l'immense déroulement du temps cosmique. Des étincelles.

Dans un univers-bloc, on pourrait alors imaginer une multitude d'étincelles très brèves apparaissant ici ou là dans l'histoire cosmique, chacune durant environ 1 million d'années, dispersées dans une tranche temporelle qui commence vers 14 milliards d'années après le *Big Bang* et qui pourrait s'étendre jusqu'à environ 100 000 milliards d'années. Au-delà, la formation d'étoiles s'éteindra progressivement et les conditions favorables à la vie deviendront de plus en plus rares. L'univers entrera alors dans une très longue phase sombre dominée par les restes stellaires et les trous noirs. Fini, les étincelles !

Si l'on élargit encore la perspective et que l'on quitte l'échelle d'un seul univers pour envisager un multivers, l'image change d'échelle, mais la structure reste la même. Dans un multivers spatial ou même inflationnaire, chaque univers possède sa propre histoire cosmique, ses étoiles, ses planètes et éventuellement ses formes de vie. Les humanités possibles y apparaissent toujours comme des phénomènes extrêmement brefs : de minuscules étincelles de conscience dans l'immense durée cosmique propre à chaque univers. Mais ces étincelles ne sont plus dispersées dans un seul univers, elles le sont à travers une multitude d'univers différents.

Si l'on pousse encore le raisonnement plus loin, vers l'idée d'un ensemble de multivers, la distribution devient vertigineuse. L'étincelle change alors de référent et d'échelle. Ce ne sont plus seulement des humanités qui apparaissent brièvement dans le temps d'un univers, mais des univers eux-mêmes qui constituent les étincelles. Dans un multivers spatial ou inflationnaire, d'innombrables univers peuvent surgir, chacun avec ses lois physiques, ses constantes et son histoire cosmique. Beaucoup d'entre eux ne permettront ni la formation d'atomes stables, ni celle d'étoiles, ni celle de planètes. Mais certains univers, plus rares, posséderont les conditions nécessaires à la formation d'étoiles et de mondes habitables. Des univers étincelles.

Dans cette perspective, un multivers peut être imaginé comme un ensemble immense, au sein duquel apparaissent des étincelles d'univers susceptibles, peut-être, d'abriter à leur tour des étincelles d'humanité. La plupart de ces univers resteront silencieux, incapables de produire des structures complexes. Mais quelques-uns, pendant un certain temps de leur histoire cosmique, pourraient voir surgir ces brèves lueurs que sont les humanités conscientes.

À l'échelle d'une fractale omniverselle, l'image devient encore plus radicale. Des multivers entiers apparaissent et disparaissent, et parmi eux certains contiennent des univers capables d'engendrer des étoiles, des planètes et, très rarement, des humanités. L'omnivers sera alors presque entièrement obscur et silencieux, parsemé ici ou là d'étincelles d'univers, et dans certains de ces univers seulement, d'étincelles d'humanité qui, pour un instant cosmique, se mettent à réfléchir à l'ensemble dont elles ne perçoivent qu'une infime partie.

À cette échelle, le décentrement devient complet. L'être humain cesse d'apparaître comme le centre, le but ou le sens de l'omnivers. Il devient une configuration locale et transitoire dans l'immense déploiement du cosmos. Une humanité n'est qu'une brève étincelle dans l'histoire d'un univers ; un univers capable d'abriter une humanité n'est lui-même qu'une étincelle dans un multivers ; et les multivers eux-mêmes pourraient n'être que des étincelles dans une structure encore plus vaste : la fractale omniverselle. Ce que l'on appelait autrefois « la place de l'homme dans l'univers » se dissout : l'humanité n'est plus qu'un phénomène parmi d'autres dans l'immense tissu des processus cosmologiques. Étincelle d'une étincelle, d'une étincelle, d'une étincelle… l'humanité apparaît alors comme une éphémère et infime lueur, totalement et définitivement décentrée dans la fractale omniverselle, signant la fin de l'humain centré.

L'humain hors sens

Une fois dissipée l'illusion anthropique, l'être humain cesse d'apparaître comme le centre, la finalité ou même la mesure du cosmos. Dans une fractale omniverselle où les univers et multivers se multiplient et s'imbriquent à toutes les échelles, l'humanité n'est plus qu'un phénomène local, transitoire, une configuration particulière de matière organisée au sein d'un univers parmi une infinité d'autres. Le sens ne peut donc plus être cherché dans une centralité cosmique ni dans une destination privilégiée de l'espèce. Il se déplace vers une compréhension lucide de notre condition : une émergence extrêmement improbable de structures capables de se connaître elles-mêmes et de réfléchir à l'ensemble auquel elles appartiennent. Dans ce cadre, l'être humain n'est plus le but de l'univers, mais l'un de ses modes d'apparition réflexive.

Cette situation ouvre alors d'autres interrogations, peut-être plus radicales. Si univers, multivers, fractale omniverselle ne sont pas produits pour l'homme, comment penser la place d'une conscience capable de saisir une partie de cette structure ? Que signifie

l'apparition locale d'êtres humains, capables de reconstruire intellectuellement l'histoire cosmique, depuis le fond diffus jusqu'aux structures galactiques, puis d'imaginer l'existence d'innombrables multivers ? L'une des grandes questions devient alors celle du rapport entre la complexité matérielle et l'émergence de la conscience : pourquoi certaines régions de l'omnivers produisent-elles des systèmes capables d'expérience et de pensée, alors que l'immense majorité de la fractale demeure silencieuse ?

Une autre question concerne la portée réelle de cette conscience. Dans un univers-bloc ou dans un ensemble de blocs universels, ce que nous appelons expérience, décision ou histoire personnelle n'est qu'une trajectoire particulière inscrite dans la structure globale de l'espace-temps. L'être humain se découvre alors comme un phénomène déterminé, traversé par des chaînes causales qui remontent aux conditions initiales du cosmos. La question du libre arbitre, déjà fragilisée par les neurosciences et la physique, devient une interrogation sur la nature même de l'expérience subjective : comment une illusion de liberté peut-elle émerger d'un univers entièrement déterminé ?

Enfin, se pose la question la plus vertigineuse : celle de la signification même de la connaissance. Si l'omnivers fractal est potentiellement infini, l'intelligence humaine ne peut en saisir qu'une portion minuscule. Pourtant, cette petite région de matière organisée parvient à reconstruire des lois générales, à formuler des modèles cosmologiques et à concevoir l'existence d'échelles qui la dépassent radicalement. L'être humain apparaît alors comme une étincelle cognitive dans un ensemble cosmique immensément plus vaste que lui. La grande question contemporaine n'est peut-être plus « Quelle est la place de l'homme dans l'univers ? », mais plutôt : « Comment une parcelle de l'omnivers en est-elle venue à se penser elle-même ? »

Les cinq questions qui précèdent proviennent d'une interrogation plus générale portant sur le sens même de l'être humain au sein d'un cosmos fractalisé. Si l'univers, les multivers et la fractale omniverselle ne sont pas produits pour l'homme, comment penser la place d'une conscience capable d'en saisir une portion ? Que signifie l'apparition locale d'êtres humains capables de reconstruire intellectuellement l'histoire cosmique, depuis le fond diffus jusqu'aux structures galactiques, puis d'imaginer l'existence d'innombrables multivers ? Pourquoi certaines régions de l'omnivers produisent-elles des systèmes capables d'expérience et de pensée alors que l'immense majorité de la fractale demeure sans conscience ? Comment une illusion de liberté peut-elle émerger d'un univers entièrement déterminé ? Et enfin comment une parcelle de l'omnivers en est-elle venue à se penser elle-même ?

Ces interrogations peuvent se reformuler en cinq sous-problèmes plus synthétiques. Elles concernent d'abord la place de la conscience dans un cosmos non anthropocentrique. Elles portent ensuite sur l'émergence d'une intelligence cosmologique dans une région locale de l'univers. Elles interrogent également la distribution extrêmement inégale de la conscience dans la fractale omniverselle. Elles conduisent à examiner l'émergence phénoménale du libre arbitre dans un univers déterministe. Et elles se terminent enfin sur la question de l'autoréflexivité locale de l'omnivers.

À partir de là, surgit la question ultime : quel sens peut encore être attribué à l'être humain dans la fractale omniverselle ? Deux réponses sont possibles. Nous pouvons choisir de maintenir l'idée d'un sens propre à l'humain, mais il faudra alors pouvoir en proposer une définition qui ne repose plus sur une centralité cosmique disparue, tâche qui demeure un défi considérable. Ou bien nous pouvons considérer que l'humain ne possède, en lui-même, aucun sens particulier, qu'il n'est qu'une configuration locale et passagère de la matière, et qu'il faut alors le placer « hors sens » dans l'économie générale de l'omnivers.

Maintenir l'idée d'un sens propre à l'humain, sans pouvoir l'ancrer dans une centralité cosmique désormais abandonnée, devient une tâche qui concerne plusieurs traditions de pensée. Elle relève d'abord des philosophes, qui ont historiquement assumé la question du sens de l'existence lorsque les cadres cosmologiques se transforment. Elle concerne également les traditions religieuses, dont beaucoup reposent sur l'idée d'une création ordonnée autour de l'homme et qui doivent alors reformuler leur anthropologie dans un univers immensément plus vaste et indifférent. Elle touche aussi, plus récemment, certains scientifiques et penseurs de la cosmologie contemporaine, qui s'interrogent sur la signification de l'émergence de la conscience dans un univers régi par des lois physiques impersonnelles. La question du sens de l'humain, une fois dissipée l'illusion parochiale anthropocentrique, cesse ainsi d'être l'affaire d'un seul domaine : elle devient un problème transversal, à la frontière de la cosmologie, de la philosophie et des visions spirituelles du monde.

Dans cet article, armé d'une pensée que l'on voudra résolument lucide, nous abandonnerons aux philosophes, aux traditions religieuses et aux scientifiques qui souhaitent y persévérer, la sempiternelle question d'un sens cosmique à attribuer à l'humanité. La tentation de sauver une signification particulière de l'homme dans l'économie générale du cosmos demeure forte, mais elle repose presque toujours, explicitement ou non, sur les restes d'un anthropocentrisme ancien.

Pour notre part, nous suivrons une autre voie. Dans la perspective de la fractale omniverselle, l'être humain n'est porteur d'aucun sens cosmique propre. Il constitue simplement une configuration locale, transitoire, de matière organisée capable de se représenter une portion de la structure à laquelle elle appartient. En ce sens, l'humain est hors sens, et l'ensemble de cet article (ainsi que notre ouvrage, Loonis, 2026) n'aura cessé d'en exposer, d'en justifier et d'en assumer les conséquences.

Hors sens parce que nous avons dépassé les cosmologies perceptives et symboliques qui plaçaient l'humain au centre de mondes immédiatement lisibles. Hors sens parce que nous avons dépassé les cosmologies théologiques relationnelles qui faisaient de l'homme l'interlocuteur privilégié du cosmos et des puissances qui l'habiteraient. Hors sens parce que nous avons dépassé l'univers sidéral, celui des étoiles fixes qui entouraient la Terre comme une scène ordonnée pour l'existence humaine. Hors sens parce que nous avons dépassé l'univers de Hubble et découvert un cosmos en expansion où notre galaxie n'est qu'une parmi des centaines de milliards d'autres. Hors sens parce que nous avons dépassé l'univers observable lui-même, en comprenant qu'il n'est qu'une portion limitée d'un ensemble plus vaste que l'horizon cosmique. Hors sens parce que nous avons dépassé l'univers-bloc, où le temps que nous croyons vivre n'est qu'une structure quadridimensionnelle déjà inscrite dans la géométrie de l'espace-temps. Hors sens parce que nous avons dépassé les multivers, qui dissolvent encore davantage l'idée d'un monde unique où l'homme pourrait prétendre occuper une position privilégiée. Hors sens parce que nous avons atteint la perspective de la fractale omniverselle, où les univers se multiplient et s'imbriquent sans centre ni finalité. Hors sens parce que nous avons compris la fonction du gradient entropique dans les illusions de notre conscience, révélant que notre sentiment d'écoulement du temps, de choix et de liberté relève d'un processus physique local. Hors sens, enfin, parce que nous avons démontré la fin de l'anthropocentrisme et reconnu que l'humanité n'est qu'une configuration passagère de matière organisée, apparue dans un coin de la fractale omniverselle et destinée, comme toute chose, à disparaître.

Avec la fractale omniverselle, l'univers cesse définitivement d'être un cadre ordonné autour de l'humanité. Les univers se multiplient, les structures se déploient sans centre ni destination, l'homme glisse, irrémédiablement englué dans ses lignes d'univers. Et dans cet ensemble sans finalité, l'humain est, bel et bien… hors sens.

Une claustrophobie infinie

Imaginons un instant la scène la plus simple. Nous sommes dans une pièce, chez nous, et nous ouvrons la fenêtre. Le geste est banal. On tire les battants, l'air entre, et notre regard se porte vers l'extérieur. Selon l'endroit où l'on se trouve, on aperçoit un paysage, des collines, une ville, ou bien simplement le ciel. La nuit, ce ciel peut être étoilé. Des points lumineux y apparaissent, silencieux, lointains, comme suspendus dans une profondeur que notre regard peine à mesurer. Depuis toujours, l'être humain regarde par cette fenêtre. Depuis toujours, il imagine ce qu'il y a au-delà de ce qu'il voit.

Avec la révolution copernicienne, la Terre a quitté le centre. Avec l'astronomie moderne, le ciel s'est peuplé d'une immensité d'étoiles. Au vingtième siècle, l'univers de Hubble a révélé des centaines de milliards de galaxies. L'univers observable lui-même s'est imposé comme une région limitée par un horizon cosmologique. Puis la physique relativiste a introduit l'univers-bloc, où le temps que nous croyons vivre se déploie comme une dimension de la structure globale de l'espace-temps. Les cosmologies inflationnaires ont ouvert la possibilité de multivers. La mécanique quantique, avec l'interprétation d'Everett, a introduit une autre forme de prolifération du réel, cédant la place à une multiplicité de mondes coexistants. Et enfin, la réflexion cosmologique contemporaine a laissé apparaître l'hypothèse vertigineuse d'une fractale omniverselle : un ensemble d'univers s'engendrant et se déployant sans centre, sans bord, sans totalité accessible.

Mais un phénomène inattendu s'est produit. Plus la fenêtre s'ouvrait, plus la place de l'humain se dissolvait. Ce qui apparaissait derrière la vitre n'était pas un paysage organisé autour de nous. C'était une structure de plus en plus vaste, de plus en plus indifférente, de plus en plus étrangère à toute finalité humaine.

Regarder par la fenêtre de l'omnivers revient alors à regarder dans une fractale cosmique. Une structure comparable à certaines images mathématiques comme les « Sapphires », où les formes se répètent, se déploient et se ramifient à l'infini. Où chaque niveau révèle d'autres niveaux. Où chaque région contient d'autres régions. Où aucune frontière ultime n'apparaît jamais.

Et c'est précisément à cet instant qu'émerge un sentiment étrange, un oxymore presque impossible à formuler : une *claustrophobie infinie*. Car ce paysage cosmique, aussi vaste soit-il, n'est pas un dehors. Il est le tout. Nous ne regardons pas vers l'extérieur d'un système. Nous regardons l'intérieur de l'ensemble auquel nous appartenons. Et cet ensemble, par définition, n'a pas d'au-delà. Rien n'existe derrière lui. Rien ne l'enveloppe. Rien ne le dépasse.

Dans un tel cadre, l'idée même d'évasion disparaît. Il n'existe aucune sortie, aucune brèche, aucune frontière franchissable. Tout ce qui existe appartient déjà à cet ensemble. Même l'imagination, même les théories les plus audacieuses de la cosmologie, même les multivers, demeurent à l'intérieur de cette structure. Nous sommes enfermés dans le Tout.

C'est la dimension claustrophobique de la situation. Non pas l'enfermement dans un espace étroit, mais l'enfermement dans l'ensemble absolu. Le fait que rien ne puisse exister en dehors de ce qui existe. Et pourtant, cet enfermement ne possède aucune limite. La fractale omniverselle n'est pas un espace clos. Elle n'est pas une sphère cosmique. Elle ne

possède pas de bord. Elle se déploie indéfiniment. Les univers s'y multiplient, les structures s'y répètent, les échelles s'y prolongent sans fin.

Nous sommes donc confrontés à une expérience conceptuelle paradoxale : l'enfermement dans un ensemble sans limite. Une claustrophobie infinie. Depuis l'intérieur de cet ensemble, l'humanité poursuit son existence locale. Une espèce biologique apparue sur une petite planète orbitant autour d'une étoile moyenne, dans une galaxie parmi des centaines de milliards, au sein d'un univers parmi d'innombrables autres. Une configuration extrêmement particulière de matière organisée, capable de produire des systèmes nerveux complexes, puis des cerveaux, puis des cultures, puis des cosmologies.

La cosmologie moderne, associée aux sciences du cerveau et à l'analyse du gradient entropique, montre par ailleurs que l'expérience subjective elle-même repose sur des illusions fonctionnelles. L'écoulement du temps, le sentiment d'identité, l'impression de libre arbitre, émergent de processus physiques déterminés. Dans l'univers-bloc, nos lignes d'univers sont déjà inscrites dans la géométrie de l'espace-temps. Nous glissons le long de ces lignes, convaincus d'avancer, convaincus de choisir, alors que nous parcourons simplement une structure déjà donnée. L'humanité n'occupe aucune place privilégiée dans l'espace. Elle n'occupe aucune place privilégiée dans le temps. Elle n'occupe aucune place privilégiée dans la structure globale de la réalité.

Regarder par la fenêtre de l'omnivers revient donc à regarder un paysage qui ne nous attendait pas. Un paysage qui ne nous reconnaît pas. Un paysage qui ne nous promet rien. Nous sommes simplement là, à un endroit particulier de la fractale. Et peut-être est-ce là, paradoxalement, la forme la plus radicale de lucidité cosmique : non pas découvrir un sens caché derrière l'univers, mais accepter qu'aucun sens ne s'y trouve inscrit pour nous.

La fenêtre est ouverte. Devant nous, l'infini. Et dans cet infini, qui ne possède aucun dehors, non seulement l'humain est hors sens, insignifiant, mais il y exhibe son plus formidable néant (Figure 11).

En guise de conclusion

Pour conclure, et pour lui rendre hommage, nous allons laisser la parole à Max Tegmark (2004) qui ramène les idées soulevées dans cet article aux limites et progrès des sciences actuelles (les crochets sont de nous) :

« De nombreuses perspectives d'avenir s'offrent à nous pour tester, voire réfuter, ces théories du multivers. Au cours de la prochaine décennie, l'amélioration spectaculaire des mesures cosmologiques du rayonnement de fond diffus cosmologique et de la distribution de la matière à grande échelle, etc., permettra de tester le niveau I [type 3-spatial] en contraignant davantage la courbure et la topologie de l'espace, et le niveau II [type 2-inflationnaire] en soumettant l'inflation à des tests rigoureux. Les progrès en astrophysique et en physique des hautes énergies devraient également clarifier la précision du réglage des différentes constantes physiques, renforçant ou affaiblissant ainsi l'hypothèse du niveau II [type 2-inflationnaire]. Si l'effort mondial actuel pour construire des ordinateurs quantiques aboutit, il apportera des preuves supplémentaires en faveur du niveau III [type 4-quantique], puisqu'ils exploiteraient, par essence, le parallélisme du multivers de niveau III [type 4-quantique] pour le calcul parallèle (Deutsch 1997). À l'inverse, la mise en évidence expérimentale d'une violation de l'unitarité invaliderait le niveau III [type 4-quantique]. Enfin, le succès ou l'échec du grand défi de la physique moderne, l'unification de la relativité générale et de la théorie quantique des champs, éclairera davantage le niveau IV [type 1-mathématique]. Soit nous finirons par trouver une structure mathématique correspondant à notre univers, soit nous atteindrons les limites de l'efficacité

déraisonnable des mathématiques et devrons abandonner le niveau IV [type 1-mathématique]. »

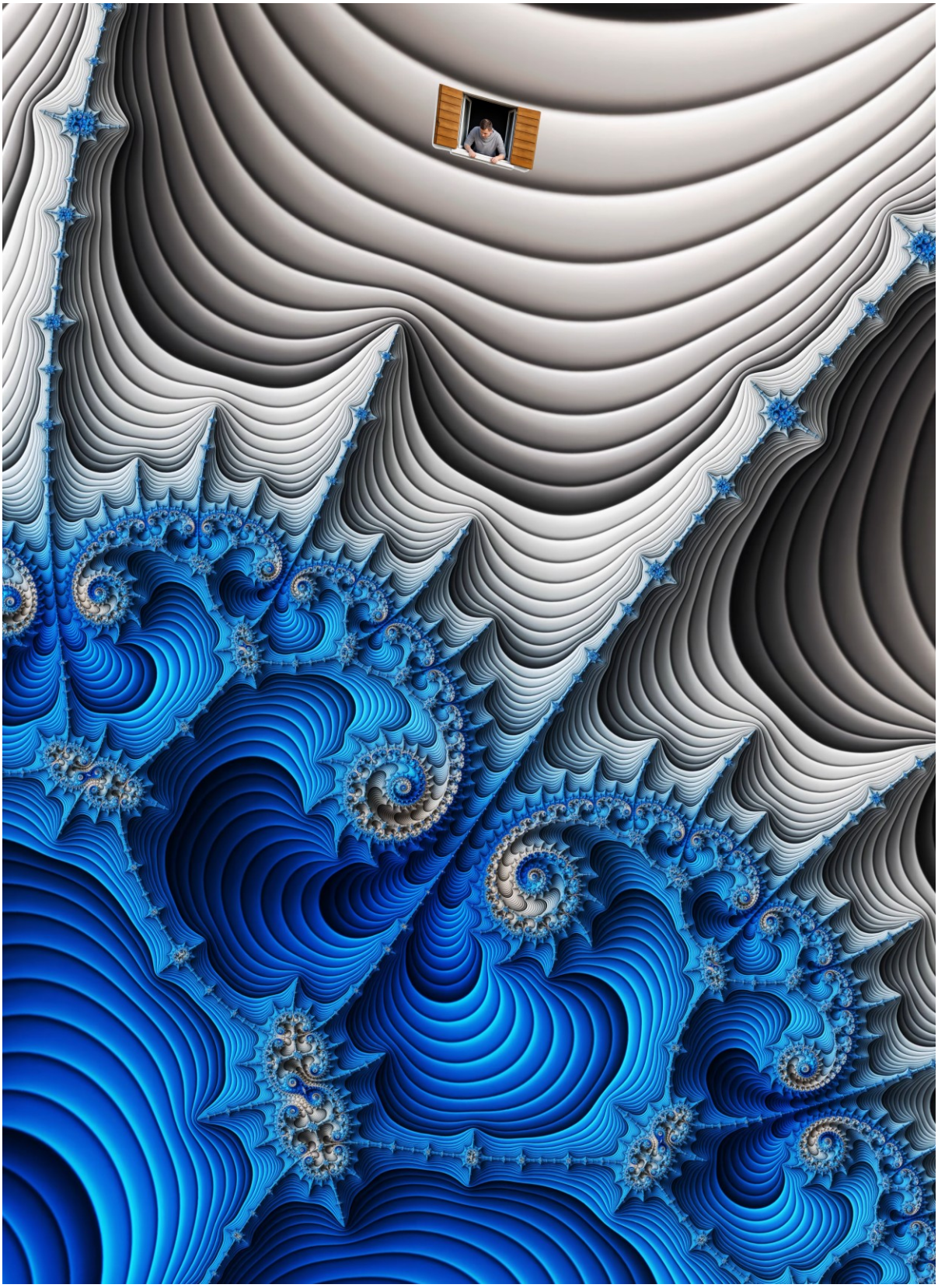

Figure 11 : Illustration d'artiste du paradoxe d'une claustrophobie infinie. Une fenêtre ouverte dans la fractale omniverselle : on y est enfermé, mais elle est infinie.

RÉFÉRENCES

Arndt, M., Nairz, O., Voss-Andreae, J., Keller, C., Van der Zouw, G., & Zeilinger, A. (1999). Wave-particle duality of C_{60} molecules. *Nature*, 401(6754), 680.

Aryal, M. & Vilenkin, A. (1987). The fractal dimension of the inflationary universe. *Physics Letters B*, 199(3), 351.

Bennett, C. L. et al. (2003). First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)* Observations: Preliminary Maps and Basic Results. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 148(1), 1.

Blanqui, A. (2012). *L'éternité par les astres*. Les Impressions Nouvelles.

Bruno, G. (1995). *De l'infini de l'univers et des mondes*. Dans Œuvres complètes, volume 4. Éditions Belles Lettres.

Carter, B. (1974). *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*. In M. S. Longair (Ed.), *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data* (IAU Symposium, No. 63, pp. 291-298). Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.

Deutsch, D. (2003). L'*Étoffe de la réalité*. Cassini.

Everett, H. III (1957). "Relative State" Formulation of Quantum Mechanics. *Reviews of Modern Physics*, 29(3), 454.

Everett, H. III (1973). The Theory of the Universal Wave Function. In B. S. DeWitt & N. Graham (Eds.), *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*. Princeton University Press.

Giulini, D., Joos, E., Kiefer, C., Kupsch, J., Stamatescu, I. O., & Zeh, H. D. (1996). *Decoherence and the Appearance of a Classical World in Quantum Theory*. Springer.

Guth, A. & Steinhardt, P. J. (1984). The inflationary universe. *Scientific American*, 250(5), 116.

Guth, A. H. (2007). Eternal inflation and its implications, *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 40, 6811.

Lewis, D. (2007). *De la pluralité des mondes*. Éditions de l'éclat.

Linde, A. D. (1986). Eternally existing self-reproducing chaotic inflanationary universe. *Physics Letters B*, 175(4), L395.

Linde, A. D. (1990). *Particle Physics and Inflationary Cosmology*. Chur: Harwood Academic Publishers.

Linde, A. (1994). The Self-Reproducing Inflationary Universe. *Scientific American*, 271(5), 48.

Loonis, É. (2026). *Omnivers : La fin de l'anthropocentrisme*. Prépublication Éric Loonis, Amazon KDP.

Planck Collaboration (2020). Planck 2018 results. I. Overview and the cosmological legacy of Planck. *Astronomy & Astrophysics*, 641(September), A1.

Popper, K. R. (2017). *La Logique de la découverte scientifique*. Payot.

Sarkar, P. et al. (2009). The scale of homogeneity of the galaxy distribution in SDSS DR6, *MNRAS: Letters*, 399(1), L128.

Scrimgeour, M. I. et al. (2012). The WiggleZ Dark Energy Survey: the transition to large-scale cosmic homogeneity, *MNRAS*, 425(1), 116.

Smolin, L. (1997). *The Life of the Cosmos*. Oxford University Press.

Smoot, G. F. et al. (1992). Structure in the COBE Differential Microwave Radiometer First-Year Maps. *Astrophysical Journal Letters*, 396, L1.

Steinhardt, P. J. & Turok, N. (2002). A Cyclic Model of the Universe. *Science*, 296(5572), 1436.

Tegmark, M. (2003). Parallel Universes. *Scientific American*, 288(5), 40-51.

Tegmark, M. (2004). Parallel universes. In J. D. Barrow, P. C. W. Davies, & C. L. Harper (Eds.), *Science and Ultimate Reality: From Quantum to Cosmos*. Cambridge University Press.

Tegmark, M. (2014). *Notre univers mathématique. En quête de la nature ultime du réel*. Dunod.

Tegmark, M. & Wheeler, J. A. (2001). 100 years of quantum mysteries. *Scientific American*, February, 68.

Tittel, W., Brendel, J., Zbinden, H. & Gisin, N. (1998). Violation of Bell inequalities by photons more than 10 km apart. *Physical Review Letters*, 81, 3563.

Vilenkin, A. (1982). Creation of universes from nothing, *Physical Letter. B*, 117(1-2), L25.

Vilenkin, A. (1983). Birth of inflationary universes, *Physical Review D*, 27, 2848.

Vilenkin, A. (1985). Quantum origin of the universe, *Nuclear Physics B*, 252, 141.

Wheeler, J. A. (1983). Law Without Law. In J. A. Wheeler & W. H. Zurek (Eds.), *Quantum Theory and Measurement* (pp. 182–213). Princeton University Press.

Wigner, E. P. (1960). The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 13(1), 1.

Wu, K. K. S., et al. (1999). The large-scale smoothness of the Universe, *Nature*, 397, 225.

Zeh, H. D. (1970). On the interpretation of measurement. *Foundations of Physics*, 1(1), 69.

Zurek, W. (2003). Decoherence and the transition from quantum to classical. In *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology, and Complexity*. Cambridge University Press.